



Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior

APRESENTAÇÃO

1) Este 1º Projeto de norma foi elaborado pela CE-03:034.04 - Comissão de Estudo para Aplicações luminotécnicas e medições fotométricas da ABNT/CB-03 – Comitê Brasileiro de Eletricidade, nas reuniões de:

30.09.2009	30.11.2009	27.01.2010
29.04.2010	18.05.2010	20.07.2010
24.08.2010	01.10.2010	08.12.2010
23.02.2011	30.03.2011	15.09.2011
24.07.2012		

2) Previsto para ser idêntico à ISO 8995-1:2002 - CIE S 008/E + Cor 1:2005;

3) Este 1º Projeto de norma é previsto para cancelar e substituir as ABNT NBR 5413:1992 e ABNT NBR 5382:1985 quando aprovado, sendo que nesse ínterim as referidas normas continuam em vigor;

4) Não tem valor normativo;

5) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória;

6) Tomaram parte na elaboração deste Projeto:

Participante

ABILUX / CIE BRASIL

ACENDA PROJETO DE ILUMINAÇÃO

AES ELETROPAULO

ALTENA BRASIL / PHILIPS

ARPELUX

ARPELUX

ARROW

Representante

Isac Roizenblatt

Luciana Constantin

Paula Cernelós

Rubens Leme Filho

Paulo Torniziello Rodrigues

Eduardo Ruiz

Ricardo A. Quintela

Roberto Cardoso



ASBAI	Esther Stiller
	Gunther Parschalk
	Nidia Borelli
BRASFORT	Carlos Santos
CELESC	Mario C. Machado Jr
CIE BRASIL DIV. 3/UNIV. DE BRASÍLIA	Cláudia Naves David Amorim
CIE BRASIL DIV.3	Plínio Godoy
CONEXLED	Marcio Massao Nishide Mori
CPTM / NUTAU	Juliana H. Scialis
DL ILUMINAÇÃO / E:LIGHT	Cristiane Mitiko Sato Furuyama
ELETROBRÁS	Daniel D. Bouts
	Estefânia N. Mello
ELETROBRÁS / PROCEL	Frederico Souto Maior
	Ribamar Vilela Velez
ENERCONSULT	José Luiz Pimenta
FAEL LUCE	Anderson Mendes
FRANCO+FORTES	Gilberto Franco
GEROS ARQUITETURA	Nelson Solano Vianna
GOLDEN	Leandro Barros
GUARILUX LTDA	Edison Marques de Oliveira
HAVELL'S SYLVANIA	Reginaldo Zanon de Medeiros
IEE USP	Rinaldo Caldeira Pinto
ILUMATIC	Danilo de Abreu I. Pinheiro
	Francisca Célia Rodrigues
	Odair Bernardo Lopes
INDELPA	Carlos Costa
INMETRO	Hans Peter Grieneisen



	Miguel Torres
	Gerson Teixeira
INTRAL	Silvia Maria Carneiro de Campos
	Marcelo Toss
ITAIM ILUMINAÇÃO	Roberto Mendonça
ITAIM ILUMINAÇÃO/EXPER	Juliana Iwashita Kawasaki
LABEEE	Roberto Lamberts
LACTEC	Rodrigo Alves de Jesus
LID DESIGN DE ILUMINAÇÃO / LUMINI	Eder Ferreira Santos
LUCCHI	Silvia Bigoni
LUMINI	Antonio Pedro Gutfreund
LUSTRES PROJETO	Luis Fernando Resende
MARGIRIUS	Elinton dos Santos Passini
NEOLUMENS	Alexandre Pereira
NAVILLE ILUMINAÇÃO	Flavio Soares
OMEGA ILUMINAÇÃO	Paulo Carlik
	Ricardo Fahl de Oliveira
OSRAM	Claudia C. Capello Antonelli
	Nelson Gomes Junior
PHILIPS	Leonardo Lellis
	Rodrigo Sobral
PUCRS-LABELO	Luciano Haas Rosito
REEME ILUMINAÇÃO	João Paulo da Silva
REPUME	Carlos A. Biasetti
	Donato E. Iannuzzi
	Thiago E. Iannuzzi
SYLVANIA	Andre Luiz Garbini
	Douglas Domingos de Souza



TRÓPICO

UNICOBÁ

Leticia Menin Gerulli

Sandra Mieko Yano

Wellington Rios Conceição

Nicola Kurji

Sergio Takashi Nakagawa

Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior

Lighting of work places – Part 1: Indoor

Palavra-chave: Iluminância.

Descriptors: Illuminance.

Sumário

Introdução

1 Escopo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Critérios do projeto de iluminação

4.1 Ambiente luminoso

4.2 Distribuição da luminância

4.3 Iluminância

4.3.1 Iluminâncias recomendadas na área de tarefa

4.3.2 Escala da iluminância

4.3.3 Iluminâncias no entorno imediato

4.3.4 Uniformidade

4.4 Ofuscamento

4.4.1 Proteção contra o ofuscamento

4.4.2 Ofuscamento desconfortável

4.4.3 Reflexão veladora e ofuscamento refletido

4.5 Direcionalidade

4.5.1 Modelagem

4.5.2 Iluminação direcional de tarefas visuais

4.6 Aspectos da cor

4.6.1 Aparência da cor

4.6.2 Reprodução de Cor

4.7 Luz natural

4.8 Manutenção

4.9 Considerações sobre energia

4.10 Iluminação de estações de trabalho com monitores VDT (*Visual display terminals*)

4.11 Cintilação e efeito estroboscópico

5 Requisitos para o planejamento da iluminação

6 Procedimentos de verificação



- 6.1 Iluminância
- 6.2 Índice de ofuscamento unificado
- 6.3 Índice de reprodução de cor (R_a)
- 6.4 Aparência da cor (T_{cp})
- 6.5 Manutenção
- 6.6 Luminância da luminária
- 6.7 Tolerâncias nas medições

Anexo A (informativo) – Considerações para áreas de tarefa e áreas do entorno

Anexo B (informativo) – Grade de cálculo para projeto do sistema de iluminação

Anexo C (informativo) – Controle do ofuscamento

Anexo D (informativo) – Manutenção do sistema de iluminação



Prefácio Nacional

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito do ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Nacional entre os associados e demais interessados.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard specifies lighting requirements for indoor work places and for people to perform the visual tasks efficiently, in comfort and safety throughout the whole work period.

This Standard does not explain how lighting systems or techniques should be designed to optimise solutions for specific work places. These may be found in the relevant CIE guides and reports.



Introdução

Uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente que permite que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura sem causar fadiga visual e desconforto. A iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas.

Uma boa iluminação requer igual atenção para a quantidade e qualidade da iluminação. Embora seja necessária a provisão de uma iluminância suficiente em uma tarefa, em muitos exemplos a visibilidade depende da maneira na qual a luz é fornecida, das características da cor da fonte de luz e da superfície em conjunto com o nível de ofuscamento do sistema. Nesta Norma foi levado em consideração não apenas a iluminância, mas também o limite referente ao desconforto por ofuscamento e o índice de reprodução de cor mínimo da fonte para especificar os vários locais de trabalho e tipos de tarefas. Os parâmetros para criar as condições visuais confortáveis estão propostos no corpo desta Norma. Os valores recomendados foram considerados a fim de representar um balanço razoável, respeitando os requisitos de segurança, saúde e um desempenho eficiente do trabalho. Os valores podem ser atingidos com a utilização de soluções energeticamente eficientes.

Existem também parâmetros ergonômicos visuais tais como a capacidade de percepção e as características e atributos da tarefa, que determinam a qualidade das habilidades visuais do usuário, e conseqüentemente os níveis de desempenho. Em alguns casos a otimização destes fatores de influência pode melhorar o desempenho sem ser necessário aumentar os níveis de iluminância. Por exemplo, pela melhora do contraste na tarefa, ampliando a visualização de própria tarefa através do uso de equipamentos de auxílio à visão (óculos) e pela provisão de sistemas de iluminação especiais com capacidade de uma iluminação local direcional.

NOTA BRASILEIRA Entende-se por equipamentos de auxílio à visão: óculos, lentes, lupas, protetores de tela, etc

1 Escopo

Esta Norma especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho.

Esta Norma não especifica como os sistemas ou técnicas de iluminação devem ser projetados a fim de aperfeiçoar as soluções para locais específicos de trabalho. Estas podem ser encontradas nos guias pertinentes e relatórios da CIE.

2 Referências normativas

Os seguintes documentos normativos contêm disposições às quais, através da referência neste texto, constituem disposições desta Norma. Quando da publicação desta Norma, as edições indicadas estavam válidas. Todos os documentos normativos estão sujeitos à revisão, e as partes em acordos baseados nesta Norma são encorajadas a investigar a possibilidade de aplicar as mais recentes edições dos documentos normativos indicados abaixo. Membros da CIE, International Electrotechnical Commission (IEC) e International Organization of Standardization (ISO) mantêm registros das normas internacionais atualmente válidas.

ISO 3864	<i>Safety colours and safety signs</i>
ISO 6309	<i>Fire protection – safety signs</i>
ISO 6385	<i>Ergonomics principles in the design of work systems</i>
ISO 9241 Parts 6/7/8	<i>Ergonomic requirements for office work with visual display terminals</i>
CIE 13.3 – 1995	<i>Method of measuring and specifying colour rendering of light sources</i>
CIE 16 – 1970	<i>Daylight</i>
CIE 17.4 – 1987	<i>International lighting vocabulary 4th ed. – equivalent to IEC 50(845)</i>

NOTA BRASILEIRA A IEC 50(845) corresponde à IEC 60050-845.

CIE 19.2 – 1981	<i>An analytic model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance</i>
CIE 40 – 1978	<i>Calculations for interior lighting – basic method</i>
CIE 58 – 1983	<i>Lighting for sports halls</i>
CIE 60 – 1984	<i>Vision and the visual display unit work station</i>
CIE 62 – 1984	<i>Lighting for swimming pools</i>
CIE 96 – 1992	<i>Electric light sources. State of the art – 1991</i>
CIE 97 – 1992	<i>Maintenance of indoor electric lighting systems</i>
CIE 103/5 – 1993	<i>The economics of interior lighting maintenance</i>
CIE 117 – 1995	<i>Discomfort glare in interior lighting</i>
CIE 129 – 1998	<i>Guide for lighting of exterior work areas</i>

3 Definições

Em geral os termos utilizados nesta Norma estão definidos no Vocabulário de Iluminação CIE (CIE 17.4 – 1987), mas existem alguns termos a mais que estão definidos abaixo:

3.1 tarefa visual: Os elementos visuais da tarefa a ser realizada.

3.2 área da tarefa: A área parcial em um local de trabalho no qual a tarefa visual está localizada e é realizada.

3.3 entorno imediato: Uma zona de no mínimo 0,5 m de largura ao redor da área da tarefa dentro do campo de visão.

NOTA BRASILEIRA Entende-se por largura, a área adjacente à área de tarefa seja esta horizontal, vertical ou inclinada. Ver 4.3.1.

3.4 iluminância mantida ($\bar{E}_m$): Valor abaixo do qual a iluminância média da superfície especificada não convém que seja reduzido.

3.5 índice de ofuscamento unificado (UGR): Definição da CIE para o nível de desconforto por ofuscamento.

3.6 índice limite de ofuscamento unificado (UGR_L): Valor máximo permitido do nível de ofuscamento unificado de projeto para uma instalação de iluminação.

3.7 ângulo de corte: Ângulo medido a partir do plano horizontal, abaixo do qual a(s) lâmpada(s) são protegidas da visão direta do observador pela luminária.

NOTA BRASILEIRA Incluem-se além de lâmpadas outros tipos de fontes luminosas, como *leds* e outros.

3.8 plano de trabalho: Superfície de referência definida como o plano onde o trabalho é habitualmente realizado.

4 Critérios do projeto de iluminação

4.1 Ambiente luminoso

A prática de uma boa iluminação para locais de trabalho é muito mais que apenas fornecer uma boa visualização da tarefa. É essencial que as tarefas sejam realizadas facilmente e com conforto. Desta maneira a iluminação deve satisfazer os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos pelo ambiente. Em geral a iluminação assegura:

- conforto visual, onde os trabalhadores têm uma sensação de bem-estar,
- desempenho visual, onde os trabalhadores estão capacitados a realizar suas tarefas visuais, rapidamente e precisamente mesmo sob circunstâncias difíceis e durante longos períodos,
- segurança visual, ao olhar ao redor e detectar perigos.

A fim de satisfazer isto, é requerido que seja dada atenção a todos os parâmetros que contribuem para o ambiente luminoso.

Os principais parâmetros são:

- distribuição da luminância,
- iluminância,

- ofuscamento,
- direcionalidade da luz,
- aspectos da cor da luz e superfícies,
- cintilação,
- luz natural,
- manutenção.

Os valores de projeto para os parâmetros quantificáveis de iluminância, desconforto referente ao ofuscamento e reprodução de cor estão estabelecidos na seção 5 para várias atividades.

Nota: Adicionalmente a iluminação, existem outros parâmetros ergonômicos visuais que influenciam o desempenho visual dos operadores, tais como:

- a) As propriedades intrínsecas da tarefa (tamanho, forma, posição, cor e refletância do detalhe e do fundo).
- b) Capacidade oftálmica do operador (acuidade visual, percepção de profundidade, percepção da cor).

A atenção a estes fatores pode otimizar o desempenho visual sem a necessidade de um incremento dos níveis de iluminância.

4.2 Distribuição da luminância

A distribuição da luminância no campo de visão controla o nível de adaptação dos olhos, o qual afeta a visibilidade da tarefa.

Uma adaptação bem balanceada da luminância é necessária para ampliar:

- a acuidade visual (nitidez da visão),
- a sensibilidade ao contraste (discriminação das diferenças relativamente pequenas de luminância),
- a eficiência das funções oculares (tais como acomodação, convergência, contrações pupilares, movimento dos olhos, etc.).

A distribuição de luminâncias variadas no campo de visão também afeta o conforto visual e convém que seja evitada:

- luminâncias muito altas que podem levar ao ofuscamento.
- contrastes de luminâncias muito altos causam fadiga visual devido à contínua readaptação dos olhos.
- luminâncias muito baixas e contrastes de luminância muito baixos resultam em um ambiente de trabalho sem estímulo e tedioso.
- deve ser dada atenção à adaptação na movimentação de zona para zona no interior do edifício.

As luminâncias de todas as superfícies são importantes e são determinadas pela refletância e pela iluminância nas superfícies. As faixas de refletâncias úteis para as superfícies internas mais importantes são:

- teto: 0,6 - 0,9



- paredes: 0,3 - 0,8
- planos de trabalho: 0,2 - 0,6
- piso: 0,1 - 0,5

4.3 Iluminância

A iluminância e sua distribuição nas áreas de trabalho e no entorno imediato têm um maior impacto em como uma pessoa percebe e realiza a tarefa visual de forma rápida, segura e confortável. Para lugares onde a área específica é desconhecida, a área onde a tarefa pode ocorrer é considerada como a área de tarefa.

Todos os valores de iluminância especificados nesta Norma são iluminâncias mantidas e proporcionam a segurança visual no trabalho e as necessidades do desempenho visual.

4.3.1 Iluminâncias recomendadas na área de tarefa

Os valores dados na seção 5 são as iluminâncias mantidas sobre a área da tarefa no plano de referência que pode ser horizontal, vertical ou inclinado. A iluminância média para cada tarefa não pode estar abaixo dos valores dados na seção 5 independentemente da idade e condições da instalação. Os valores são válidos para uma condição visual normal e são levados em conta os seguintes fatores:

- requisitos para a tarefa visual,
- segurança,
- aspectos psico-fisiológicos assim como conforto visual e bem estar,
- economia,
- experiência prática.

Os valores de iluminância podem ser ajustados em pelo menos um nível na escala da iluminância, se as condições visuais forem diferentes das assumidas como normais. Convém que a iluminância seja aumentada quando:

- contrastes excepcionalmente baixos estão presentes na tarefa,
- o trabalho visual é crítico,
- a correção dos erros é onerosa,
- é da maior importância a exatidão ou a alta produtividade,
- a capacidade de visão dos trabalhadores está abaixo do normal.

A iluminância mantida necessária pode ser reduzida quando:

- os detalhes são de um tamanho excepcionalmente grande ou de alto contraste,
- a tarefa é realizada por um tempo excepcionalmente curto.

Em áreas onde um trabalho contínuo é realizado, a iluminância mantida não pode ser inferior a 200 lux.

4.3.2 Escala da iluminância

Um fator de aproximadamente 1,5 representa a menor diferença significativa no efeito subjetivo da iluminância. Em condições normais de iluminação aproximadamente 20 lux de iluminância horizontal é

exigida para diferenciar as características da face humana e é o menor valor considerado para a escala das iluminâncias. A escala recomendada das iluminâncias é:

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000 – 3 000 – 5 000 lux

4.3.3 Iluminâncias no entorno imediato

A iluminância no entorno imediato deve estar relacionada com a iluminância da área de tarefa e, convém que provenha uma distribuição bem balanceada da luminância no campo de visão.

Mudanças drásticas nas iluminâncias ao redor da área de tarefa podem levar a um esforço visual estressante e desconforto.

A iluminância mantida das áreas do entorno imediato pode ser mais baixa que a iluminância da área da tarefa, mas não pode ser inferior aos valores dados tabela abaixo.

Iluminância da tarefa lux	Iluminância do entorno imediato lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

Adicionalmente à iluminância na área de tarefa deve prover uma adequada adaptação da luminância de acordo com a seção 4.2.

4.3.4 Uniformidade

A uniformidade da iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio. A iluminância deve se alterar gradualmente. A área da tarefa deve ser iluminada o mais uniformemente possível. A uniformidade da iluminância na tarefa não pode ser menor que 0,7. A uniformidade da iluminância no entorno imediato não pode ser inferior a 0,5.

4.4 Ofuscamento

Ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão e pode ser experimentado tanto como um ofuscamento desconfortável quanto um ofuscamento inabilitador. O ofuscamento pode também ser causado por reflexões em superfícies especulares e é normalmente conhecido como reflexões veladoras ou ofuscamento refletido.

É importante limitar o ofuscamento para evitar erros, fadiga e acidentes.

O ofuscamento inabilitador é mais comum na iluminação exterior, mas também pode ser experimentado em iluminação pontual ou fontes brilhantes intensas tais como uma janela em um espaço relativamente pouco iluminado.

No interior de locais de trabalho o ofuscamento desconfortável geralmente surge diretamente de luminárias brilhantes ou janelas. Se os limites referentes ao ofuscamento desconfortável são atendidos, o ofuscamento inabilitador não é geralmente um grande problema.

4.4.1 Proteção contra o ofuscamento

O ofuscamento é causado por luminâncias excessivas ou contrastes no campo de visão e pode prejudicar a visualização dos objetos. Convém que isto seja evitado, por exemplo, através da proteção contra visão direta das lâmpadas ou por um escurecimento nas janelas por anteparos.

NOTA BRASILEIRA Entende-se por anteparos, elementos que reduzam a intensidade da luminância da superfície, como brises, persianas e outros.

Para lâmpadas elétricas, o ângulo de corte mínimo para proteção de visualização direta da lâmpada não pode ser menor que os valores estabelecidos na tabela abaixo:

NOTA BRASILEIRA Além de lâmpadas elétricas, incluem-se outras fontes de luz artificial.

Luminância da lâmpada kcd/m ²	Ângulo de corte mínimo
1 a 20	10°
20 a 50	15°
50 a 500	20°
≥ 500	30°

Não convém que o ângulo de corte mencionado acima seja aplicado para luminárias que não apareçam no campo de visão do trabalhador durante o trabalho de rotina e/ou não causem ao trabalhador nenhum ofuscamento inabilitador perceptível.

4.4.2 Ofuscamento desconfortável

O valor referente ao ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação deve ser determinado pelo método tabular do Índice de Ofuscamento Unificado da CIE (UGR), baseado na fórmula:

$$UGR = 8 \cdot \log \left(\frac{0,25 \cdot \sum L^2 \cdot \omega}{L_b \cdot p^2} \right)$$

onde

- L_b é a luminância de fundo (cd/m²),
- L é a luminância da parte luminosa de cada luminária na direção do olho do observador (cd/m²)
- ω é o ângulo sólido da parte luminosa de cada luminária junto ao olho do observador (esferorradiano)
- p é o índice de posição Guth de cada luminária individualmente relacionado ao seu deslocamento a partir da linha de visão.

Os detalhes do método UGR são dados na CIE 117 - 1995.

Nesta Norma todos os valores do UGR da seção 5 estão baseados na posição padrão do observador que foi validada pelo método tabular UGR com razão de 1:1 da relação entre espaçamento e altura. Os dados do UGR devem ser corrigidos para fluxo luminoso inicial das lâmpadas utilizadas. Se a instalação da iluminação for composta por tipos diferentes de luminárias com diferentes fotometrias e/ou lâmpadas, a determinação do valor UGR deve ser aplicada para cada combinação lâmpada / luminária da instalação. Desta maneira o maior valor do UGR encontrado deve ser considerado como um valor típico para a instalação inteira e deve estar conforme com o UGR limite. Todas as suposições feitas na determinação do UGR devem ser relatadas na documentação do projeto.

O valor UGR da instalação não pode exceder o valor dado na seção 5.

Nota: As variações de UGR no interior do ambiente podem ser determinadas utilizando-se o método tabular ou a fórmula para diferentes posições do observador.

Os valores limites de UGR na seção 5 foram obtidos na escala UGR – onde cada passo na escala representa uma mudança significativa no efeito do ofuscamento e 13 representa o ofuscamento desconfortável menos perceptível.

A escala *UGR* é: 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 28

4.4.3 Reflexão veladora e ofuscamento refletido

As reflexões especulares em uma tarefa visual, muitas vezes chamadas reflexão veladora ou ofuscamento refletido, podem alterar a visualização da tarefa e normalmente são prejudiciais. A reflexão veladora e o ofuscamento refletido podem ser evitados ou reduzidos se tomadas as seguintes medidas:

- distribuição de luminárias e locais de trabalho (evitando colocar luminárias na zona prejudicada),
- acabamento superficial (utilizar superfícies com materiais pouco reflexivos),
- luminância das luminárias (limite),
- aumento da área luminosa da luminária (ampliar a área luminosa),
- teto e as superfícies da parede (clarear, evitar pontos brilhantes).

4.5 Direcionalidade

A iluminação direcional pode ser utilizada para destacar objetos, para revelar texturas e melhorar a aparência das pessoas em um espaço. Isto está descrito pelo termo “modelagem”. A iluminação direcional de uma tarefa visual pode também aumentar sua visibilidade.

4.5.1 Modelagem

A modelagem se refere ao equilíbrio entre a luz difusa e direcional. Isto é um critério válido da qualidade da iluminação em praticamente todos os tipos de ambientes internos. A aparência geral de um ambiente interno é realçada quando sua estrutura, as pessoas e objetos inseridos nele são iluminados de tal forma que as texturas são reveladas de forma clara e agradável. Isto ocorre quando a luz vem notadamente de uma direção; as sombras formadas são essenciais para uma boa modelagem e são formadas sem confusão.

Não é recomendado que a iluminação seja tão direcional a ponto de poder produzir fortes sombras, nem convém que seja tão difusa ou o efeito da modelagem se perde por completo, resultando em um ambiente luminoso monótono.

4.5.2 Iluminação direcional de tarefas visuais

A iluminação em uma direção específica pode revelar os detalhes de uma tarefa visual, aumentando sua visibilidade e fazendo com que a tarefa seja realizada mais facilmente. É particularmente importante para tarefas de texturização finas e gravações/entalhes.

4.6 Aspectos da cor

As qualidades da cor de uma lâmpada próxima à cor branca são caracterizadas por dois atributos:

- a aparência de cor da própria lâmpada,
- sua capacidade de reprodução de cor, que afeta a aparência da cor de objetos e das pessoas iluminadas pela lâmpada.

Estes dois atributos devem ser considerados separadamente.

4.6.1 Aparência da cor

A “aparência da cor” de uma lâmpada refere-se à cor aparente (cromaticidade da lâmpada) da luz que ela emite. Pode ser descrita pela sua temperatura de cor correlata.

As lâmpadas normalmente são divididas em três grupos de acordo com suas temperaturas de cor correlata (T_{cp}).

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
quente	abaixo de 3 300 K
intermediária	3 300 K a 5 300 K
fria	acima de 5 300 K

A escolha da aparência da cor é uma questão psicológica, estética e do que é considerado natural. A escolha depende da iluminância, cores da sala e mobiliário, clima e a aplicação. Em climas quentes geralmente é preferencial a aparência da cor de uma luz mais fria, e em climas frios é preferencial a aparência da cor de uma luz mais quente.

4.6.2 Reprodução de cor

É importante tanto para o desempenho visual quanto para a sensação de conforto e bem-estar que as cores do ambiente, dos objetos e da pele humana sejam reproduzidas naturalmente, corretamente e de modo que façam com que as pessoas tenham uma aparência atrativa e saudável.

As cores para segurança de acordo com a ISO 3864 devem sempre ser reconhecíveis e claramente discriminadas.

Para fornecer uma indicação objetiva das propriedades de reprodução de cor de uma fonte de luz foi introduzido o índice geral de reprodução de cor R_a . O valor máximo de R_a é 100. Este valor diminui com a redução da qualidade de reprodução de cor.

Não se recomenda a utilização de lâmpadas com R_a inferior a 80 em interiores onde as pessoas trabalham ou permanecem por longos períodos. Pode haver exceções para a iluminação de montagem

alta (“*high-bay*” – iluminação utilizada em alturas de montagem superior a 6 m) e para iluminação externa. Mas mesmo nessas condições devem ser tomadas medidas adequadas para garantir que lâmpadas com uma reprodução de cor mais alta sejam utilizadas em locais de trabalho continuamente ocupados e também onde as cores para segurança têm que ser reconhecidas.

Os valores mínimos recomendados do índice geral de reprodução de cor de diferentes tipos de ambientes internos, tarefas ou atividades estão estabelecidos na seção 5.

4.7 Luz natural

A luz natural pode fornecer parte ou toda iluminação para execução de tarefas visuais.

A luz natural varia em nível e composição espectral com o tempo e por esta razão a iluminação de um ambiente interno sofre variações. A luz natural pode criar uma modelagem e uma distribuição de luminância específica devido ao seu fluxo quase horizontal proveniente das janelas laterais. A luz natural pode também ser fornecida por aberturas zenitais e outros elementos de fenestração.

As janelas podem também fornecer um contato visual com o mundo exterior, o qual é preferido pela maioria das pessoas. Evite o contraste excessivo e desconforto térmico causados pela exposição direta da luz do sol em áreas de trabalho. Forneça um controle adequado da luz do sol tais como persianas ou brises, de tal forma que a luz do sol direta não atinja os trabalhadores e/ou as superfícies no interior do campo de visão.

Em interiores com janelas laterais, a disponibilidade da luz natural diminui rapidamente com o distanciamento da janela. Não é recomendável nestes interiores que o fator de luz natural seja inferior a 1 % no plano de trabalho a 3 m da parede da janela e a 1 m das paredes laterais. Recomenda-se que uma iluminação suplementar seja fornecida para garantir a luminância requerida no local de trabalho e o balanceamento da distribuição da luminância no interior da sala. Um acionamento automático ou manual e/ou um sistema de dimerização pode ser utilizado para garantir uma apropriada integração entre a luz artificial e a luz natural.

A fim de reduzir o ofuscamento causado pelas janelas, uma proteção deve ser prevista.

4.8 Manutenção

NOTA BRASILEIRA Recomenda-se consultar a CIE 97:2005.

Os níveis de iluminação recomendados para cada tarefa são fornecidos como iluminância mantida. A iluminância mantida depende das características de manutenção da lâmpada, da luminária, do ambiente e do programa de manutenção.

Convém que o projeto de iluminação seja desenvolvido com o fator de manutenção total calculado para o equipamento de iluminação selecionado, para o tipo de ambiente e para o cronograma de manutenção especificado. Não se recomenda que o fator de manutenção calculado seja inferior a 0,70.

4.9 Considerações sobre energia

Convém que a instalação do sistema de iluminação atenda aos requisitos de iluminação de um ambiente específico, de uma tarefa ou de uma atividade sem desperdício de energia. Entretanto, é importante não comprometer os aspectos visuais de uma instalação de iluminação simplesmente para reduzir o consumo de energia.

Isto requer que se considere um sistema de iluminação, equipamentos, controles apropriados e a utilização da luz natural disponível. Em alguns países são estabelecidos limites de energia disponível para a iluminação, os quais devem ser observados. Estes limites podem ser alcançados pela seleção criteriosa do sistema de iluminação e a utilização de acionamento automático ou manual ou a dimerização das lâmpadas.

4.10 Iluminação de estações de trabalho com monitores VDT (*Visual display terminals*) (também conhecido como monitores de vídeo e *displays* visuais)

A iluminação para estações de trabalho VDT deve ser apropriada para todas as tarefas realizadas na estação de trabalho, por exemplo: leitura de telas, textos impressos, escritas no papel, uso do teclado, etc.

Por esta razão, para estas áreas, os critérios de iluminação e os sistemas devem ser escolhidos de acordo com a atividade, o tipo de tarefa e o tipo ambiente da tabela da seção 5.

Os monitores VDT e em algumas circunstâncias o teclado podem sofrer, através de reflexos, ofuscamento desconfortável ou ofuscamento inabilitador. Por esta razão é necessário selecionar, localizar e gerenciar as luminárias a fim de evitar desconforto por reflexões de alto brilho.

O projetista deve determinar a zona de montagem crítica, escolher um equipamento de controle da luminância adequado e planejar posições de montagem que não causem reflexos perturbadores.

Para os locais de trabalho onde são utilizadas telas de visualização que estão na vertical ou inclinadas em um ângulo de até 15°, estão estabelecidos na tabela abaixo os limites de luminância para o fluxo descendente das luminárias que possam refletir nas telas VDT para direções normais de visualização. Os limites de luminância média da luminária são dados para os ângulos de elevação de 65° e acima em relação à vertical descendente em torno da luminária.

Classes das telas Ver ISO 9241-7	I	II	III
Qualidade da tela	boa	média	pobre
Limite da luminância média das luminárias	$\leq 1\,000\text{ cd/m}^2$		$\leq 200\text{ cd/m}^2$

Nota: Para certos locais especiais que utilizam, por exemplo, telas sensíveis ou com inclinação variável convém que os limites de luminância acima sejam aplicados para ângulos de elevação inferiores (por exemplo 55°) da luminária.

4.11 Cintilação e efeito estroboscópico

A cintilação causa distração e pode provocar efeitos fisiológicos como dores de cabeça. Convém que o sistema de iluminação seja projetado para evitar a cintilação e os efeitos estroboscópicos. Os efeitos estroboscópicos podem levar a situações de perigo pela mudança da percepção de movimento de rotação ou por máquinas alternativas (de movimento repetitivo).

Nota: Isto pode ser alcançado pela utilização de uma fonte elétrica em corrente contínua, pela utilização de lâmpadas em alta frequência (aproximadamente 30 kHz) ou pela distribuição da alimentação da iluminação por mais de uma fase.

4.12 Iluminação de emergência

A iluminação de emergência deve ser instalada, os detalhes podem ser encontrados em norma específica.

NOTA BRASILEIRA No Brasil pode-se utilizar a ABNT NBR 10898.

5 Requisitos para o planejamento da iluminação

Os requisitos de iluminação recomendados para diversos ambientes e atividades estão estabelecidos nas tabelas desta seção da seguinte maneira:

- Coluna 1: Lista de ambientes (áreas), tarefas ou atividades
A coluna 1 lista aqueles ambientes, tarefas ou atividades para os quais os requisitos específicos são dados. Se um ambiente em particular, tarefa ou atividade não estiverem listados, convém que sejam adotados os valores dados para uma situação similar.
- Coluna 2: Iluminância mantida ($\bar{E}_m$, lux)
A coluna 2 estabelece a iluminância mantida na superfície de referência para um ambiente, tarefa ou atividade estabelecidos na coluna 1 (ver 4.3)
- Coluna 3: Índice limite de ofuscamento unificado (UGR_L)
A coluna 3 estabelece o UGR limite aplicável para a situação listada na coluna 1, (ver 4.4).
- Coluna 4: Índice de reprodução de cor mínimo (R_a)
A coluna 4 estabelece o índice de reprodução de cor mínimo para a situação listada na coluna 1, (ver 4.6.2).
- Coluna 5: Observações
Recomendações e notas de rodapé são dadas para as exceções e aplicações especiais referentes às situações listadas na coluna 1.
- Para aplicações VDT ver 4.10.



PLANEJAMENTO DOS AMBIENTES (ÁREAS), TAREFAS E ATIVIDADES COM A ESPECIFICAÇÃO DA ILUMINÂNCIA, LIMITAÇÃO DE OFUSCAMENTO E QUALIDADE DA COR

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
1. Áreas gerais da edificação				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas estabelecer uma zona de transição a fim de evitar mudanças bruscas
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório / Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	
Salas para exercícios físicos	300	22	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	25	80	
Enfermaria	500	19	80	
Salas para atendimento médico	500	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K
Estufas, sala dos disjuntores	200	25	60	
Correios, quadros de distribuição	500	19	80	
Depósito, estoques, câmara fria	100	25	60	200 lux se forem continuamente ocupadas
Expedição	300	25	60	
Estação de controle	150	22	60	200 lux se forem continuamente ocupadas
2. Edificações na agricultura				
Carregamento e operação de mercadorias, equipamentos de manuseio e máquinas	200	25	80	
Estábulo	50	28	40	
Cercado para animais doentes, baias para parto de animais	200	25	80	
Preparação dos alimentos, leiteira, lavagem de utensílios	200	25	80	
3. Padarias				
Preparação e fornada	300	22	80	
Acabamento, decoração	500	22	80	
4. Cimento, concreto e indústria de tijolos				
Secagem	50	28	20	As cores para segurança devem ser reconhecíveis
Preparação dos materiais, trabalhos nos fornos e misturadores	200	28	40	
Trabalhos em máquinas em geral	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Formas brutas	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
5. Indústria de cerâmica e vidro				
Secagem	50	28	20	
Preparação, trabalhos em máquinas em geral	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Esmaltagem, laminação, compressão, moldagem de peças simples, vitrificação, sopragem do vidro	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Polimento, moagem, gravação, polimento do vidro, moldagem de peças de precisão, fabricação de instrumentos de vidro	750	19	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Trabalho decorativo	500	19	80	
Polimento de vidro ótico, polimento manual e gravação de cristais, trabalhos em mercadorias comuns	750	16	80	
Trabalho de precisão, por exemplo: polimento decorativo, pintura a mão	1 000	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K
Fabricação de pedras preciosas sintéticas	1 500	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K
6. Indústria de borracha, plástica, química				
Instalações de processamento operadas remotamente	50		20	As cores para segurança devem ser reconhecíveis
Instalações de processamento com intervenção manual limitada	150	28	40	
Instalações de processamento com trabalho manual constante	300	25	80	
Metrologias, laboratórios	500	19	80	
Produção farmacêutica	500	22	80	
Produção de pneus	500	22	80	
Inspeção de cor	1 000	16	90	T_{cp} no mínimo 6 500 K
Corte, acabamento, inspeção	750	19	80	
7. Indústria elétrica				
Fabricação de cabos e fios	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Bobinagem:				
- Bobinas grandes	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
- bobinas médias	500	22	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
- bobinas pequenas	750	19	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Impregnação das bobinas	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Galvanoplastia	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
Montagem:				
- bruta, por exemplo, grandes transformadores	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
- média, por exemplo, quadros de distribuição	500	22	80	
- fina, por exemplo, telefone	750	19	80	
- de precisão, por exemplo, equipamentos de medição	1 000	16	80	
Oficinas eletrônicas, ensaios, ajustes	1 500	16	80	
8. Indústria de alimentos				
Locais de trabalho e zonas em cervejarias, maltagem, lavagem, enchimento de barris, limpeza, peneiração, descascamento, alimentos em conserva, fábrica de chocolate, locais de trabalho e zonas em fábricas de açúcar, para secagem e fermentação de tabaco cru, câmara de fermentação	200	25	80	
Triagem e lavagem de produtos, moagem, mistura, embalagem	300	25	80	
Locais de trabalho e zonas para abatedouros, açougues, leiteiras, área de filtragem, em refinarias de açúcar	500	25	80	
Corte e triagem de frutas e vegetais	300	25	80	
Fabricação de alimentos finos, cozinha	500	22	80	
Fabricação de charutos e cigarros	500	22	80	
Inspeção de vidros e garrafas, controle do produto, ornamentação, triagem na decoração	500	22	80	
Laboratórios	500	19	80	
Inspeção de cor	1 000	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K
9. Fundições e plantas de fundição de metal				
Túneis do tamanho de um homem sob o piso, porão etc.	50	28	20	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Plataformas	100	25	40	
Preparação da areia	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Vestiários	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Trabalhos nos cadinhos e misturadores	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Baia da fundição	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Área dos vibradores	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Máquinas de moldagem	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
Moldagem central e auxiliar	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Fundição	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Construção de modelos	500	22	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
10. Cabeleireiros				
Cabeleireiro	500	19	90	
11. Fabricação de jóias				
Trabalho com pedras preciosas	1 500	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Fabricação de jóias	1 000	16	90	
Relojoaria (manual)	1 500	16	80	
Relojoaria (automática)	500	19	80	
12. Lavanderias e limpeza a seco				
Entrada de mercadorias, marcação e distribuição	300	25	80	
Lavagem e limpeza a seco	300	25	80	
Passar roupas	300	25	80	
Inspeção e reparos	750	19	80	
13. Indústria de couro				
Trabalho em cubas, barris, tanques	200	25	40	
Descarnar, aparar, esfregar, tombar peles	300	25	80	
Trabalho em selas, fábrica de sapatos, costura, polimento, modelagem, corte, puncionamento	500	22	80	
Triagem	500	22	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Tingimento de couro (maquina)	500	22	80	
Controle de qualidade	1 000	19	80	
Inspeção de cor	1 000	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Fabricação de Sapato	500	22	80	
Fabricação de luva	500	22	80	
14. Trabalho e processamento em metal				
Forjamento de molde aberto	200	25	60	
Forjamento por derramamento, soldagem, moldagem a frio	300	25	60	
Usinagem bruta e media Tolerâncias > 0,1 mm	300	22	60	
Usinagem de precisão: afiação Tolerâncias ≤ 0,1 mm	500	19	60	
Gravação: inspeção	750	19	60	
Desenhar formas fio & tubo	300	25	60	
Usinagem de placa ≥ 5 mm	200	25	60	
Trabalho em folha de metal < 5 mm	300	22	60	
Ferramentaria; fabricação de equipamento de corte	750	19	60	



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
Montagem:				
- bruta	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
- média	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
- fina	500	22	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
- de precisão	750	19	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Galvanoplastia	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Pintura e preparação de superfícies	750	25	80	
Confecção de ferramenta, modelo e dispositivo, mecânica de precisão, micro mecânica	1 000	19	80	
15. Indústria de papel				
Processamento da madeira ou fibra, moagem	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Processo e fabricação de papel, máquinas de papel, papel canelado, fábrica de papelão	300	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Trabalho de encadernação de livros padrões, por exemplo: dobra, triagem, colagem, corte, gravação em relevo, costura	500	22	60	
16. Subestações				
Instalação de abastecimento de combustíveis	50	28	20	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Casa da caldeira	100	28	40	
Salas de máquinas	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Salas auxiliares, por exemplo: sala das bombas, sala dos capacitores, quadro de chave de distribuição, etc.	200	25	60	
Salas de controle	500	16	80	1. Os painéis de controle frequentemente estão na vertical. 2. Dimerização pode ser necessária. 3. Para trabalho com VDT ver seção 4.10.
17. Gráficas				
Corte, douração, gravação em relevo, gravura em bloco, trabalhos em pedras e placas, impressoras, matriciais	500	19	80	



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
Triagem de papel e impressão manual	500	19	80	
Configuração de tipo, retoque, litografia	1 000	19	80	
Inspeção de cor em impressão multicolorida	1 500	16	90	T_{cp} 5 000 K.
Gravação em aço e cobre	2 000	16	80	Para iluminação direcional ver seção 4.5.2.
18. Trabalhos em ferro e aço				
Instalações de produção sem intervenção manual	50	28	20	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Instalações de produção com operação manual ocasional	150	28	40	
Instalações de produção com operação manual contínua	200	25	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Depósito de chapas	50	28	20	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Fornos	200	25	20	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Usinagem, bobinadeira, linha de corte	300	25	40	
Plataformas de controle, painéis de controle	300	22	80	
Ensaio, medição e inspeção	500	22	80	
Túneis do tamanho de um homem sob o piso, porões etc.	50	28	20	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
19. Indústria têxtil				
Locais de trabalho e zonas de banhos, abertura de fardos	200	25	60	
Cardar, lavar, passar, extrair, pentear, dimensionar, cortar a carda, pré-fiação, juta, fiação de linho	300	22	80	
Fiação, encordoar, bobinar, enrolar, urdir, tecer, trançar, trabalhar em malha	500	22	80	Prevenir contra os efeitos estroboscópicos.
Costurar, trabalho fino em malha, prendendo os pontos	750	22	90	
Projeto manual, desenhos de padrões	750	22	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Acabamento, tingimento	500	22	80	
Sala de secagem	100	28	60	
Stampagem automática	500	25	80	
Extrair, selecionar, aparar	1 000	19	80	
Inspeção de cor, controle do tecido	1 000	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Reparo invisível	1 500	19	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Fabricação de chapéu	500	22	80	
20. Construção de veículos				
Trabalhos no chassi e montagem	500	22	80	
Pintura, câmara de pulverização, câmara de polimento	750	22	80	
Pintura: retoque, inspeção	1 000	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Fabricação de estofamento (manuseamento)	1 000	19	80	
Inspeção final	1 000	19	80	



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
21. Marcenaria & indústria de móveis				
Processo automático, por exemplo: secagem na fabricação de madeira compensada	50	28	40	
Poços de vapor	150	28	40	
Sistema de serras	300	25	60	Prevenir contra os efeitos estroboscópicos.
Trabalho de marceneiro em bancos de carpintaria, colagem, montagem	300	25	80	
Polimento, pintura, marcenaria de acabamento	750	22	80	
Trabalho em máquinas de marcenaria, por exemplo: torneiar, acanelar, desempenar, rebaixar, chanfrar, cortar, serrar afundar	500	19	80	Prevenir contra os efeitos estroboscópicos.
Seleção de madeira folheada, marchetaria, trabalhos de embutir	750	22	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K
Controle de qualidade	1 000	19	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K
22. Escritórios				
Arquivamento, cópia, circulação, etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalho com VDT ver seção 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de CAD	500	19	80	Para trabalho com VDT ver seção 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Recepção	300	22	80	
Arquivos	200	25	80	
23. Varejo				
Área de vendas pequena	300	22	80	
Área de vendas grande	500	22	80	
Área da caixa registradora	500	19	80	
Mesa do empacotador	500	19	80	
24. Restaurantes e hotéis				
Recepção/caixa/portaria	300	22	80	
Cozinha	500	22	80	
Restaurante, sala de jantar, sala de eventos	200	22	80	Recomenda-se que a iluminação seja projetada para criar um ambiente íntimo.
Restaurante self-service	200	22	80	
Bufê	300	22	80	
Salas de conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Corredores	100	25	80	Durante o período da noite são aceitáveis baixos níveis de iluminação.
25. Locais de entretenimento				
Teatros & salas de concerto	200	22	80	



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
Salas com multiuso	300	22	80	
Salas de ensaio, camarins	300	22	80	É necessário que a iluminação do espelho seja isenta de ofuscamento para a maquiagem
Museus (em geral)	300	19	80	Iluminação adequada para atender os requisitos de exibição, proteção contra os efeitos de radiação.
26. Bibliotecas				
Estantes	200	19	80	
Área de leitura	500	19	80	
Bibliotecárias	500	19	80	
27. Estacionamentos públicos (internos)				
Rampas de entrada e saída (durante o dia)	300	25	40	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Rampas de entrada e saída (durante a noite)	75	25	40	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Pistas de tráfego	75	25	40	As cores para segurança devem ser reconhecíveis.
Estacionamento	75	28	40	Uma iluminância vertical elevada aumenta o reconhecimento das faces das pessoas e por esta razão a sensação de segurança.
Guichê	300	19	80	1. Evitar reflexões nas janelas. 2. Prevenir ofuscamento oriundo do lado externo.
28. Construções educacionais				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, sala de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a <i>iluminação</i> deve <i>seja controlável</i> .
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Mesa de demonstração	500	19	80	Em salas de leitura 750 lux
Salas de arte e artesanato	500	19	80	
Salas de arte em escolas de arte	750	19	90	$T_{cp} > 5\,000\text{ K}$
Salas de desenho técnico	750	16	80	
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Oficina de ensino	500	19	80	
Salas de ensino de música	300	19	80	
Salas de ensino de computador	500	19	80	Para trabalho com VDT ver seção 4.10.
Laboratório lingüístico	300	19	80	
Salas de preparação e oficinas	500	22	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
Salas dos professores	300	22	80	
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	22	80	Para as instalações de acesso público ver CIE 58 – 1983 e CIE 62 – 1984.
29. Locais de assistência médica				
Salas de espera	200	22	80	Iluminância ao nível do piso
Corredores: durante o dia	200	22	80	Iluminância ao nível do piso
Corredores: durante a noite	50	2	80	Iluminância ao nível do piso
Quartos com claridade	200	22	80	Iluminância ao nível do piso
Escritório dos funcionários	500	19	80	
Sala dos funcionários	300	19	80	
Enfermarias				
- iluminação em geral	100	19	80	Iluminância ao nível do piso
- iluminação de leitura	300	19	80	
- exame simples	300	19	80	
Exames e tratamento	1 000	19	90	
Iluminação noturna, iluminação de observação	5	19	80	
Banheiros e toaletes para os pacientes	200	22	80	
Sala de exames em geral	500	19	90	
Exames do ouvido e olhos	1 000		90	Luminária para exame local
Leitura e teste da visão colorida com gráficos de visão	500	16	90	
Escaner com intensificadores de imagem e sistemas de televisão	50	19	80	Para trabalho com VDT ver seção 4.10
Salas de diálise	500	19	80	
Salas de dermatologia	500	19	90	
Salas de endoscopia	300	19	80	
Salas de gesso	500	19	80	
Banhos medicinais	300	19	80	
Massagem e radioterapia	300	19	80	
Salas pré-operatórias e salas de recuperação	500	19	90	
Sala de cirurgia	1 000	19	90	
Cavidade cirúrgica	Especial			$E_m = 10\,000\text{ lux} - 100\,000\text{ lux}$
UTI				
- iluminação em geral	100	19	90	No nível do piso
- exame simples	300	19	90	No nível do leito
- exame e tratamento	1 000	19	90	No nível do leito
- observação noturna	20	19	90	
Dentistas				
- Iluminação em geral	500	19	90	Convém que a iluminação seja isenta de ofuscamento para o paciente.
- No paciente	1 000		90	Luminária para exame local
- Cavidade cirúrgica	5 000		90	Valores maiores que 5 000 lux podem ser necessários.
- Branqueamento dos dentes	5 000		90	$T_{cp} > 6\,000\text{ K}$
Inspeção de cor (laboratórios)	1 000	19	90	$T_{cp} > 5\,000\text{ K}$
Salas de esterilização	300	22	80	
Salas de desinfecção	300	22	80	



Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR_L	R_a	Observações
Salas de autópsia e necrotérios	500	19	90	
Mesa de autópsia e mesa de dissecação	5 000		90	Valores maiores que 5 000 lux podem ser necessários.
30. Aeroportos				
Saguões de embarque e desembarque, áreas de entrega da bagagem	200	22	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Áreas de conexão, escadas rolantes, esteiras rolantes	150	22	80	
Balcão de informações, check-in	500	19	80	Para trabalho com VDT ver seção 4.10.
Alfândega e balcão de controle do passaporte	500	19	80	É importante a iluminância vertical.
Salas de espera	200	22	80	
Local de armazenamento das bagagens	200	22	80	
Áreas da verificação de segurança	300	19	80	<i>Para trabalho com VDT ver seção 4.10</i>
Torre de controle do tráfego aéreo	500	16	80	1. Recomenda-se que a iluminação seja dimerizável 2. <i>Para trabalho com VDT ver seção 4.10</i> 3. Recomenda-se que seja evitado o ofuscamento oriundo da luz natural
Salas de tráfego aéreo	500	16	80	1. Recomenda-se que a iluminação seja dimerizável 2. <i>Para trabalho com VDT ver seção 4.10</i>
Hangares de reparos e testes	500	22	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Áreas de testes dos motores	500	22	88	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Áreas de medição em hangares	500	22	80	Para montagem alta: ver também a seção 4.6.2
Plataformas e passagens subterrâneas para passageiros	50	28	40	
Saguão de compra de passagens e grandes espaços abertos para circulação de multidões	200	28	40	
Escritórios das bagagens e passagens e contadores	300	19	80	
Salas de espera	200	22	80	
31. Igrejas, mosteiros, sinagogas e templos.				
Corpo da igreja	100	25	80	
Cadeira, altar, púlpito.	300	22	80	

6 Procedimentos de verificação

6.1 Iluminância

A iluminância deve ser medida em pontos específicos em áreas pertinentes. As leituras não podem ser inferiores que as calculadas para o ponto.

A iluminância mantida deve ser calculada através dos valores medidos na mesma grade de pontos utilizada no cálculo do projeto e o valor não pode ser inferior ao especificado para aquela tarefa.

Para medições repetidas devem ser utilizados os mesmos pontos.

6.2 Índice de ofuscamento unificado

O fabricante da luminária deve fornecer os dados autênticos de Índice de ofuscamento unificado obtidos através do método tabular com espaçamento 1:1 em relação à altura de acordo com a publicação CIE 117 – 1995. O leiaute da instalação e o acabamento das superfícies devem ser comparados com os especificados em projeto.

A instalação deve estar de acordo com o especificado em projeto.

6.3 Índice de reprodução de cor (R_a)

NOTA BRASILEIRA Termo também conhecido como IRC no Brasil e CRI internacionalmente.

Os fabricantes de lâmpadas devem fornecer dados de índice de reprodução de cor para as lâmpadas utilizadas no projeto. As lâmpadas devem ser verificadas de acordo com as especificações de projeto e devem ter um R_a que não seja inferior ao valor especificado no projeto.

As lâmpadas devem ter as mesmas características que as especificadas no projeto.

6.4 Aparência da cor (T_{cp})

Os fabricantes de lâmpadas devem fornecer dados de aparências de cor para as lâmpadas utilizadas no projeto. O valor de T_{cp} das lâmpadas não pode ser inferior aos valores especificados no projeto.

6.5 Manutenção

O projetista deve:

- estabelecer o fator de manutenção e listar todas as suposições utilizadas na derivação do valor,
- especificar um equipamento de iluminação adequado para a aplicação em um determinado ambiente. Preparar um cronograma de manutenção abrangente a fim de incluir a frequência de substituição das lâmpadas, os intervalos de limpeza das luminárias e do ambiente e o método de limpeza.

6.6 Luminância da luminária

A luminância média das partes luminosas de uma luminária deve ser medida e/ou calculada radialmente em um plano C em intervalos de 15º começando em 0º e a elevação em ângulos γ de 65º,



75 ° e 85 °. Normalmente o fabricante da luminária deve fornecer estes dados baseados na emissão máxima (lâmpada/luminária). Os valores não podem exceder os limites especificados na seção 4.10.

6.7 Tolerâncias nas medições

Pode haver muitos fatores que possam causar uma disparidade entre uma estimativa calculada e o desempenho medido de uma instalação de iluminação. A principal razão para isto é que, mesmo se o processo de cálculo foi realizado com a mais alta precisão, foi assumido que cada lâmpada, circuito e luminária têm um desempenho fotométrico idêntico. Isto é claramente impossível e algumas tolerâncias devem ser esperadas. A magnitude da diferença esperada baseada em experiência prática está dentro de 10 % para as medidas de iluminância e luminância.

Anexo A

(informativo)

Considerações para áreas de tarefa e áreas do entorno

A.1 Introdução

Este Anexo informativo exemplifica áreas de tarefas e entorno imediato para elaboração de projeto e verificação de iluminâncias.

A.2 Principais conceitos

A.2.1 Área da tarefa e entorno imediato

Área da tarefa é definida como a área parcial no local de trabalho em que a tarefa visual é realizada. O desempenho visual necessário para a tarefa visual é determinado pelos respectivos elementos visuais (tamanho dos objetos, contraste de fundo, luminância dos objetos e tempo de exposição) da atividade realizada.

Para os locais onde o tamanho e/ou a localização da área da tarefa é desconhecida, a área onde o trabalho pode ocorrer é considerada como a área da tarefa.

O entorno imediato é definido como a área ao redor da área da tarefa dentro do campo de visão. Recomenda-se que esta imediação seja de pelo menos de 0,5 m de largura e pode ser considerada como uma faixa ao redor da área da tarefa.

Quando em um sistema de iluminação, a localização precisa da tarefa visual não puder ser definida devido a localização ser desconhecida ou a atividade realizada envolver um número de tarefas visuais diferentes, é recomendado que as diversas áreas de tarefa sejam combinadas para formar uma área maior (referenciada a seguir como a área de trabalho). Onde a localização dos locais de trabalho for desconhecida, esta área de trabalho pode também ser a sala inteira.

Se a distribuição da iluminância nestas áreas maiores tem uma uniformidade de $U_1 \geq 0,6$, pode ser assumido que o $U_1 \geq 0,7$ necessário é sempre atendido nas áreas de tarefa individuais. (ver Figura A.1)

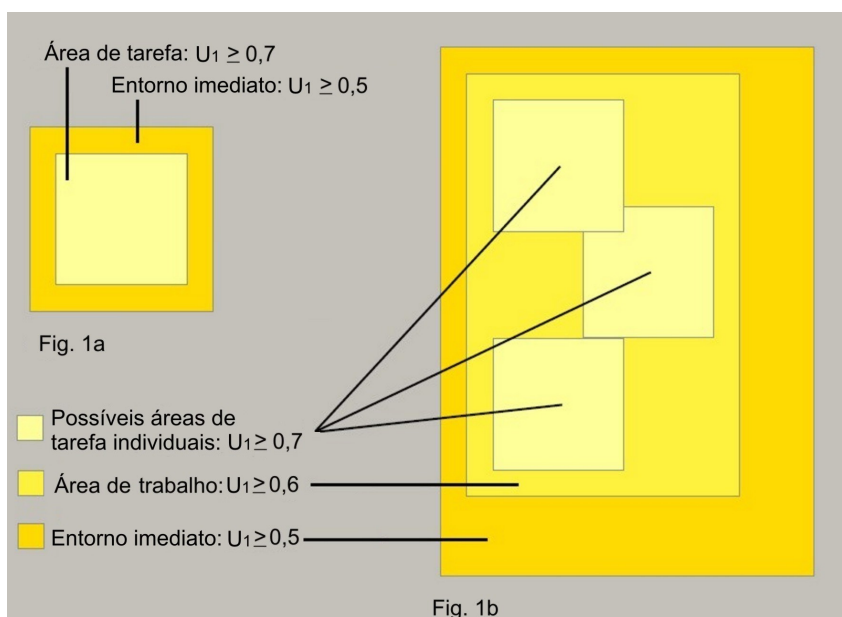


Figura A.1 – Área da tarefa e entorno imediato

A.2.1.1 Áreas onde diferentes tarefas visuais podem ser realizadas são normalmente na superfície de trabalho, em espaços de circulação e em superfícies utilizadas para tarefas diretamente relacionados com a atividade.

A.2.1.2 Quando for definir as áreas de tarefa, recomenda-se também prestar atenção às superfícies verticais tais como quadros e outras superfícies inclinadas como também as superfícies horizontais na sala e na área de trabalho.

A.2.1.3 Quando a imediação da área da tarefa é uma faixa marginal, convém que esta não seja avaliada separadamente porque, como uma regra geral, os requisitos que precisam ser atendidos para o entorno são atendidos automaticamente. Recomenda-se tomar cuidado para que não exista nenhuma área da tarefa na faixa marginal.



Figura A.2 – Área da tarefa

A área de trabalho (amarelo) compreende a superfície de trabalho (tampo cinza) e o espaço do usuário (vermelho). Ver Figura A.2.

A.3 Exemplos de como as áreas de tarefa podem ser definidas pelo projeto de iluminação

A.3.1 Escritório com um único local de trabalho

A localização do local de trabalho é conhecida. As áreas de trabalho englobam a mesa de trabalho e o espaço do usuário. A altura da área de trabalho é assumida de 0,75 m. Os entornos imediatos são considerados como o resto da sala a menos de 0,5 m de largura da faixa marginal.

A.3.2 Escritório com um arranjo desconhecido do local de trabalho

Se o arranjo dos locais de trabalhos é totalmente desconhecido, a área de trabalho deve ser considerada como a sala inteira menos a faixa marginal.

Quando os documentos de planejamento mostram locais de trabalho próximos a janelas, uma faixa de largura correspondente pode ser considerada como a área de trabalho. Uma uniformidade planejada pode ser $U_1 \geq 0,6$. A experiência mostra que isto é o suficiente para garantir que uma uniformidade mínima de 0,7 seja observada nos locais de trabalho individuais.

A área do entorno é o restante da sala.

A altura de referência para iluminância é de 0,75 m acima do piso.

As Figuras A.3 a A.7 mostram exemplos de arranjo desconhecido do local de trabalho.

Figura A.3 áreas de trabalho horizontais em um escritório. Trabalho (amarelo claro, esquerda) e conferência (amarelo claro, direita) com área do entorno (amarelo escuro)

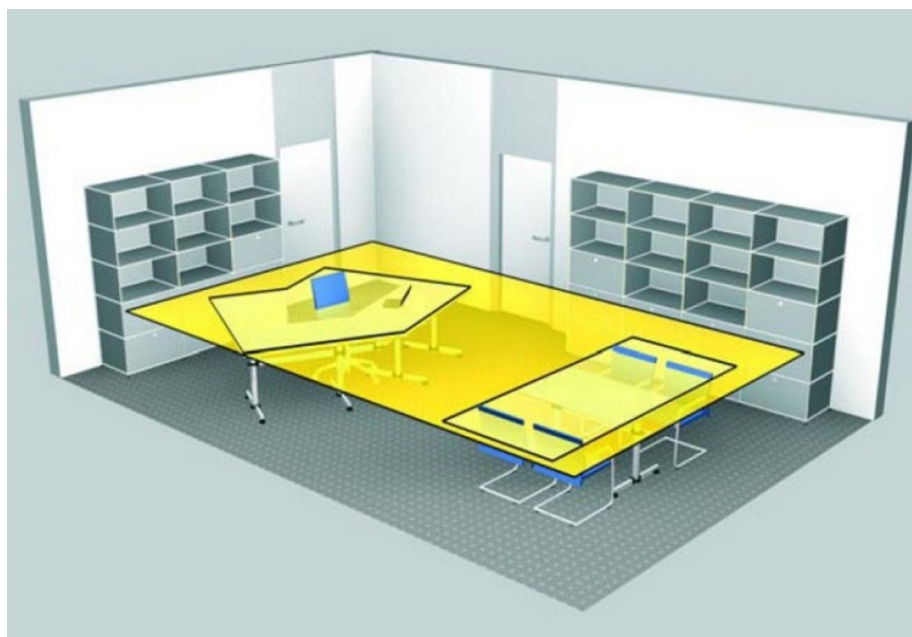
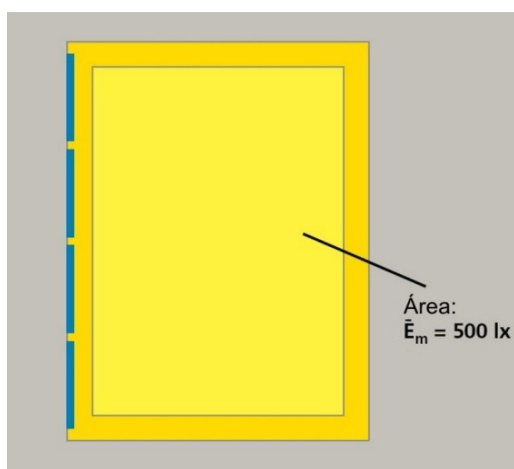
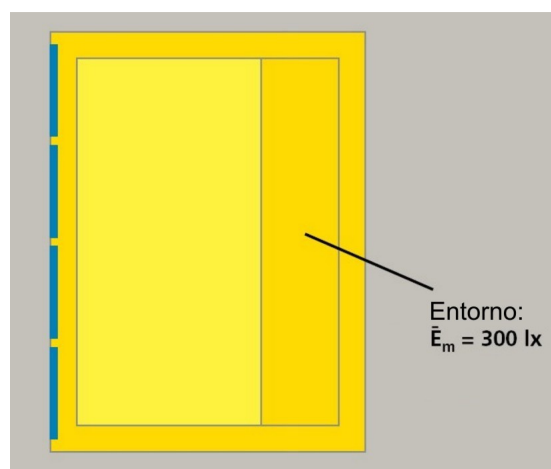


Figura A.3 – Locais de trabalho e áreas do entorno em um escritório



Escritório: Área da sala onde o arranjo dos locais de trabalho e, portanto a localização das áreas de tarefa é desconhecida na etapa de projeto. Altura: 0,75 m, uma faixa marginal de largura 0,5 m é ignorada.



Escritório: Faixa onde o leiaute aproximado dos locais de trabalho e a localização das áreas de tarefa é conhecida na etapa de projeto. Altura: 0,75 m, uma faixa marginal de largura 0,5 m é ignorada.

Figura A.4 – Áreas de trabalho onde a localização precisa dos locais de trabalho é desconhecida

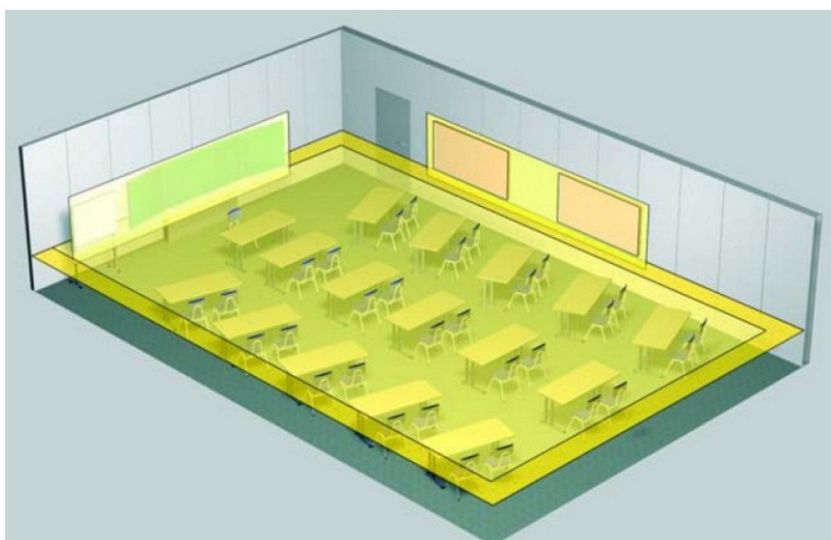
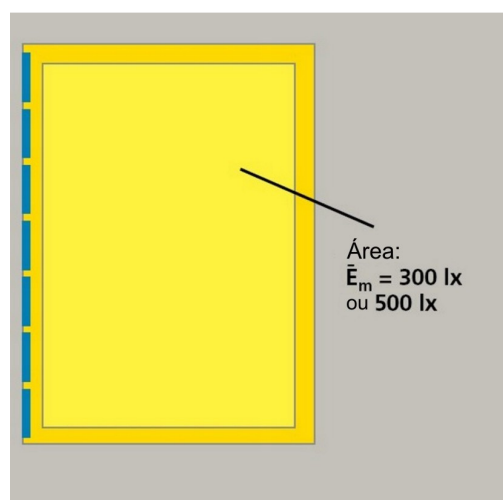


Figura A.5 – Áreas horizontais e verticais onde os locais de serviço podem estar localizados

A.3.3 Escola com um arranjo desconhecido do local de trabalho

Em salas de aula comuns, toda a sala é considerada como uma área de trabalho. Iluminância mantida: 300 lux para escolas primárias e secundárias, 500 lux para aulas noturnas e educação de adultos.



Escola: Área de iluminação em uma sala onde o arranjo das mesas e, portanto a localização das áreas de tarefa é desconhecida na etapa de projeto. Uma faixa marginal de largura 0,5 m é ignorada.

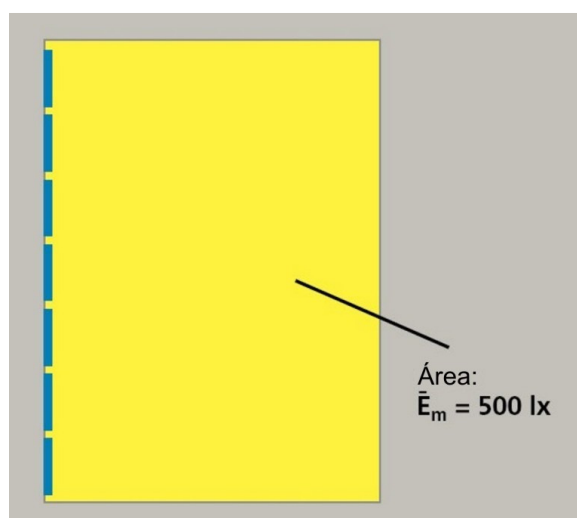
Figura A.6 – Salas de aula com um arranjo desconhecido do local de trabalho

A.3.4 Sala de aula com um arranjo flexível de mesas

As mesas dos estudantes são muitas vezes reorganizadas nas salas de aulas, portanto a área de trabalho deve ser considerada como a sala inteira menos uma faixa marginal de 0,5 m de largura. A uniformidade planejada pode ser $U_1 \geq 0,6$. A experiência mostra que isto é suficiente para garantir que uma uniformidade mínima de 0,7 seja observada nas mesas individuais.

A.3.5 Salas semelhantes a escritórios com possíveis arranjos de locais de trabalho que se estendem até os limites da sala

Onde é sabido que as áreas de trabalho podem se estender até os limites da sala, mas o local preciso das áreas de trabalho é desconhecido, a sala inteira é considerada como a área de trabalho sem deduzir qualquer zona marginal. A uniformidade planejada pode ser $U_1 \geq 0,6$. A experiência mostra que isto é o suficiente para garantir que uma uniformidade mínima de 0,7 seja observada nos locais de trabalho individuais.



Salas semelhantes a escritórios: Quando é sabido que o arranjo das áreas de trabalho podem se estender até os limites da sala, a área a ser iluminada compreende toda a sala.

Figura A.7 – Salas semelhantes a escritórios com áreas de trabalho que se estendem até as paredes

A.3.6 Sistemas de estante e outras superfícies verticais

Os sistemas de estante e armários podem ser áreas de tarefa verticais (por exemplo, balcão de passagens, seção de contabilidade). A área vertical começa a partir de 0,5 m acima do nível do solo e termina na altura da área da tarefa; no caso de um sistema de estantes de escritório, considera-se 2 m acima do nível do solo. Ver Figura A.8.

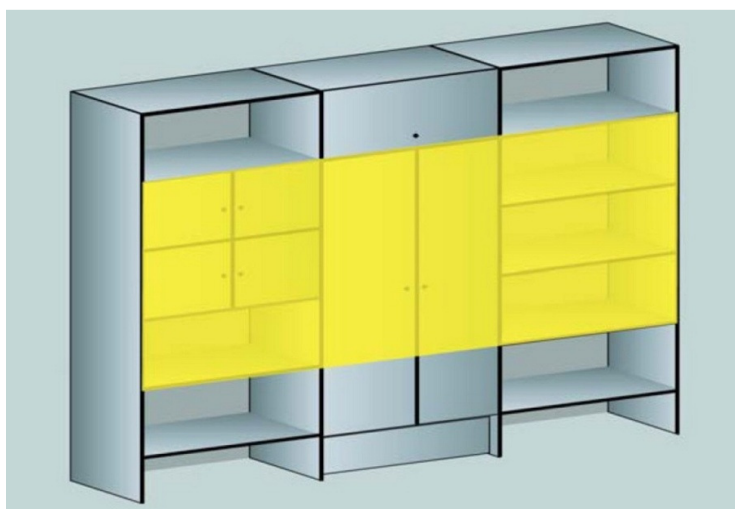


Figura A.8 – Posição da área da tarefa vertical

A.3.7 Corredor

Para corredores com até 2,5 m de comprimento, é recomendado – de acordo com a DIN EN 1838 (1999) - que as áreas de tarefa individuais e as combinadas sejam consideradas como uma faixa central de 1 m de comprimento no solo formando uma única área da tarefa ampla. O resto do espaço é considerado como área de entorno. Para corredores mais amplos, recomenda-se que a área da tarefa com uma faixa central seja ajustada adequadamente. Onde aplicável, recomenda-se que a faixa lateral (com até 0,5 m de comprimento) seja deduzida ao longo de cada parede, desde que não seja parte da zona de tráfego. Áreas de tarefa verticais tais como portas, maçanetas e letreiros também tem que ser previstas, embora valores de iluminância específicos não sejam especificados. Ver Figura A.9.

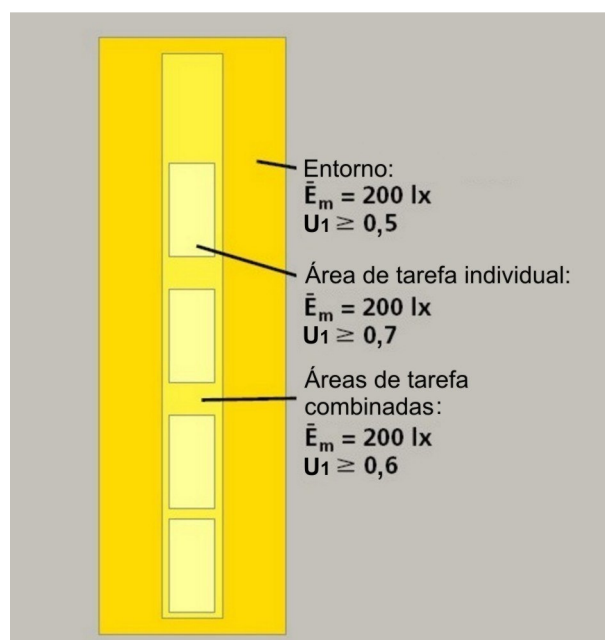


Figura A.9 – Corredor (Áreas de tarefa individuais pequenas)

Para propósitos de projeto de iluminação, recomenda-se que áreas de tarefa individuais pequenas sejam combinadas para formarem uma única área maior. No entanto recomenda-se atenção para as diferentes uniformidades. Uma iluminância de 200 lux é necessária (durante o dia) para corredores em estabelecimentos de cuidado de saúde.

A.3.8 Local de trabalho industrial único

Uma variedade dos serviços visuais é desempenhada em muitos locais de trabalho industriais. Estes locais de trabalho precisam ser definidos individualmente em termos de localização e tamanho.

Se os serviços visuais individuais são comparáveis, uma área de trabalho pode ser definida na qual todos eles são realizados.

As imediações da área formam uma faixa de 0,5 m de comprimento ao redor da área de trabalho. É aconselhável, entretanto, instalar uma iluminação genérica para todo o salão garantindo a disponibilidade de uma iluminação suficiente para todos os locais de trabalho. Ver Figura A.10.

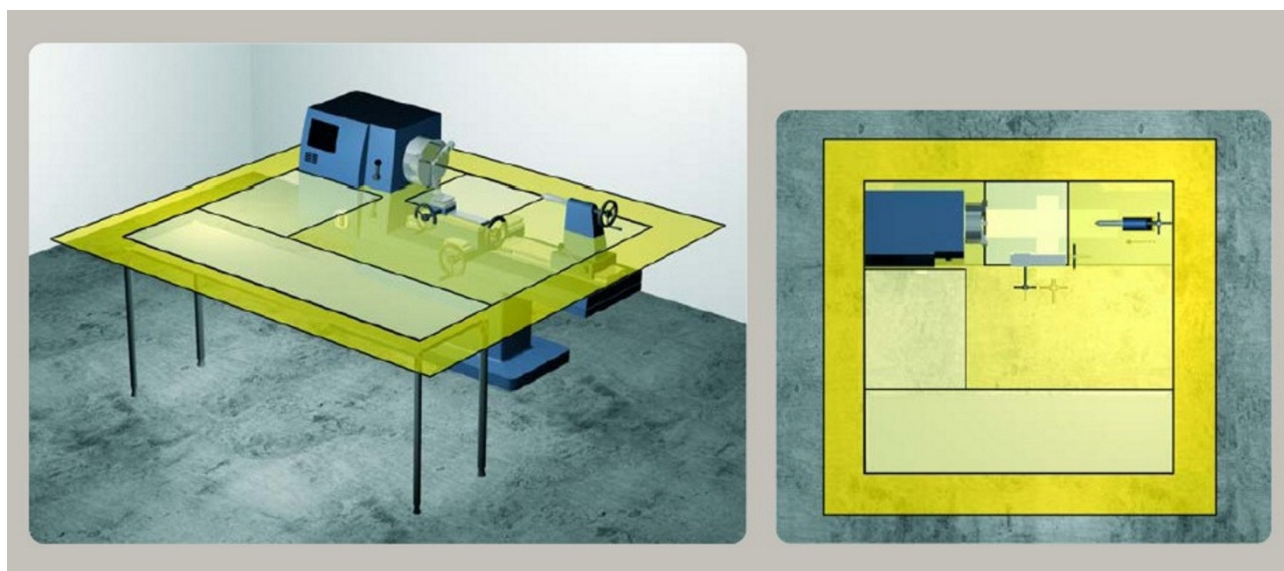


Figura A.10 – Exemplo de várias áreas de tarefa consideradas como uma única área de trabalho

A.3.9 Salão industrial com zonas para diferentes atividades

Os salões industriais geralmente incorporam um número de áreas de tarefa com diversos requisitos de iluminância. Recomenda-se que, onde for o caso, um conceito genérico sobre a iluminação do salão seja desenvolvido considerando todo o salão – a menos de uma faixa marginal de 0,5 m de largura ao longo das paredes – como uma área da tarefa com requisitos menores. As imediações da área (faixa marginal) não necessitam de uma avaliação separada porque, como regra geral, os requisitos que necessitam ser atendidos para o entorno são atendidos automaticamente.

Para as outras áreas de tarefa com diferentes requisitos, convém que sejam definidas áreas de tarefa preferencialmente retangulares com seus próprios entornos e que sejam fornecidas as iluminâncias e uniformidades exigidas.

Anexo B

(informativo)

Grade de cálculo para projeto do sistema de iluminação

B.1 Introdução

Este Anexo informativo recomenda os critérios da grade de cálculo para elaboração de projetos em *softwares* e verificação do nível de iluminância nas instalações.

B.2 Grade de cálculo para projeto do sistema de iluminação

A princípio, a grade necessária a fim de determinar as iluminâncias e uniformidades médias depende do tamanho e forma da superfície de referência (área da tarefa, local de trabalho ou arredores), a geometria do sistema de iluminação, a distribuição da intensidade luminosa das luminárias utilizadas, a precisão requerida e as quantidades fotométricas para serem avaliadas.

O tamanho de grade recomendado para salas e zonas de salas é dado na Tabela B.1.

Tabela B.1 – Tamanhos de grade

	Maior dimensão da zona ou sala d	Tamanho da grade p
Área da tarefa	Aproximadamente 1 m	0,2 m
Salas/zonas de salas pequenas	Aproximadamente 5 m	0,6 m
Salas médias	Aproximadamente 10 m	1 m
Salas grandes	Aproximadamente 50 m	3 m
NOTA Recomenda-se que o tamanho de grade não seja excedido.		

O tamanho da grade é dado pela equação a seguir:

$$p = 0.2 \times 5^{\log_{10} d}$$

onde

p é o tamanho da grade expresso em metros (m)

d é a maior dimensão da superfície de referência expressa em metros (m)

n é o número de pontos de cálculo considerando a grade p

O número de pontos (n) é então estabelecido pelo número inteiro mais próximo da relação d para p .

As superfícies de referência retangulares são subdivididas em pequenos retângulos, aproximadamente quadrados com os pontos de cálculo em seu centro. A média aritmética de todos os pontos de cálculo é a iluminância média. Quando a superfície de referência tem uma relação do comprimento versus a largura entre 0,5 e 2, o tamanho da grade p e, portanto, o número de pontos pode ser determinado com base da maior dimensão d da área de referência. Recomenda-se que em todos os outros casos, a menor dimensão seja tomada como base para o estabelecimento do espaçamento entre pontos da grade.

Para as superfícies de referência não-retangulares, ou seja, superfícies limitadas por polígonos irregulares, o tamanho da grade pode ser determinado de forma análoga através de um retângulo adequado circunscrito e dimensionado. Os meios aritméticos e as uniformidades são então estabelecidos considerando-se apenas os pontos de cálculo dentro dos limites dos polígonos da superfície de referência.

Para as superfícies de referência do tipo faixa, que normalmente resultam das imediações das áreas avaliadas, convém que seja considerado a dimensão da faixa em seu ponto mais largo como base para determinar o tamanho da grade. No entanto, não é recomendado que o tamanho da grade assim estabelecido seja superior a metade da dimensão da faixa em seu ponto mais estreito se este for de 0,5 m ou mais. Os meios aritméticos e as uniformidades são determinados novamente considerando-se apenas os pontos de cálculo dentro da faixa. Ver Figura B.1.



Figura B.1 – Tamanho de grade em função das dimensões do plano de referência

Anexo C

(informativo)

Controle do ofuscamento

C.1 Introdução

Este Anexo informativo traz orientações para o controle do ofuscamento. Ofuscamento é a sensação produzida por áreas excessivamente brilhantes ou diferenças excessivamente marcadas na luminância dentro do campo de visão de um observador. O ofuscamento que causa deficiência direta da visão é conhecido como ofuscamento inabilitador. O ofuscamento que perturba, o qual prejudica o nosso senso de bem-estar, é conhecido como ofuscamento desconfortável.

C.1.1 Valores do ofuscamento desconfortável pelo método UGR

O grau do ofuscamento de desconforto causado por um sistema de iluminação pode ser determinado pelo método UGR. Dependendo da dificuldade da tarefa visual, recomenda-se que o limite UGR_L não seja excedido. A Tabela C.1 fornece exemplos de limites máximos:

Tabela C.1 – Exemplos dos limites máximos de UGR_L

Desenho técnico	≤ 16
Leitura, escrita, salas de aula, computação, inspeções	≤ 19
Trabalho em indústria, exposições, recepção	≤ 22
Trabalho bruto, escadas	≤ 25
Corredores	≤ 28

Recomenda-se que um sistema de iluminação seja adequado para a respectiva categoria UGR_L (por exemplo, " ≤ 19 "). Os valores UGR podem ser verificados através do método de tabulação. As tabelas UGR são fornecidas pelo fabricante e incorporadas em um *software* de cálculo de iluminação.

Para a seleção da luminária inicial, é aconselhável a utilização do valor tabulado da sala de referência (4H/8H) baseado em uma razão do espaçamento/altura de 0,25.

Os valores individuais de UGR em um sistema de iluminação podem ser calculados utilizando-se o *software* CAD. Isso pode ser útil para o projeto de sistema onde o ofuscamento é um fator crítico, mas não indica a limitação do ofuscamento padrão da instalação como um todo.

C.1.2 Valor do ofuscamento de um sistema de iluminação interno

O ofuscamento direto causado pelas luminárias de um sistema de iluminação interno pode ser classificado segundo o método do Valor de Ofuscamento Unificado da CIE (UGR). Este método baseia-se na seguinte equação:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

onde

L_b é a luminância de fundo em cd/m^2 , calculada como E_{ind}/π , na qual E_{ind} é a iluminância indireta vertical no olho do observador,

L é a luminância média em cd/m^2 das partes luminosas da luminária na direção do observador,

ω = o ângulo sólido em sr das partes luminosas da luminária visível a partir da posição do observador,

p = o índice de posição Guth para cada luminária individual.

A utilização do método UGR está limitada às luminárias diretas e luminárias diretas/indiretas com um componente indireto de até 65 %. No caso das luminárias com um componente indireto > 65 %, o método UGR produz indevidamente valores favoráveis. De um modo geral, no entanto, o ofuscamento pode ser neste caso excluído amplamente dessas luminárias devido ao ofuscamento potencial da componente direta ser muito baixo.

De acordo com a publicação 117 da CIE, não convém que o método UGR seja mais utilizado para as grandes fontes de luz (ângulo sólido > 1 sr) ou para as pequenas fontes de luz (ângulo sólido < 0,0003 sr).

As grandes fontes de luz podem ser luminárias individuais com superfícies luminosas > 1,5 m^2 , tetos luminosos com pelo menos 15 % dos painéis luminosos ou tetos uniformemente iluminados.

Como o efeito ofuscante de grandes fontes de luz depende apenas de uma pequena extensão em seu índice de posição, do ângulo sólido ou da luminância de fundo, o ofuscamento causado por grandes fontes de luz podem ser razoavelmente aproximado com base na luminância e limitada pela definição de um valor máximo admissível. Na DIN 5035-1, a luminância máxima permissível foi fixada em 500 cd/m^2 . Na publicação 20 LiTG sobre o método UGR, o limite recomendado do ofuscamento limite para um UGR de 19 é 350 cd/m^2 para grandes salas e 750 cd/m^2 para pequenas salas.

As pequenas fontes de luz visíveis abaixo de um ângulo sólido < 0,0003 sr são geralmente encontradas nas seguintes situações:

a) em interiores pequenos (altura da sala $h < 3$ m, por exemplo sistemas de iluminação em escritórios). As luminárias de embutir, por exemplo, podem ocupar pequenos ângulos sólidos aqui se estão razoavelmente longe do observador

b) em salões altos (por exemplo, sistemas de iluminação de um salão esportivo e industrial). As luminárias refletoras (*high-bay*), por exemplo, são aqui visíveis para o observador em pequenos ângulos sólidos por causa de sua alta altura de montagem.

Em ambos os casos, o ofuscamento não pode ser descartado de fontes de luz < 0,0003 sr. Baseando-se em estudos de campo, a publicação LiTG 20 recomenda, por esta razão, que o limite inferior do ângulo sólido seja abolido a fim de evitar situações onde o ofuscamento deixa de ser antecipado porque as luminárias perturbadoras estão abaixo do limite do ângulo sólido e são, portanto, desconsideradas.

C.1.3 Avaliação pelo método tabular

O grau de ofuscamento direto causado por um sistema de iluminação pode ser determinada utilizando o método tabular UGR.

O sistema considerado é comparado com uma tabela padrão que lista os valores UGR para 19 salas padrões e diferentes combinações de refletância para a luminária selecionada. Os cálculos para as 19 salas padrões são com base no pressuposto de que os observadores - posicionados no ponto médio do cada parede - observam as luminárias ao longo e através de suas linhas de visão ao longo dos eixos da sala. As luminárias são montadas em uma grade regular sobre o plano da luminária, os pontos médios das luminárias definidos a uma distância de 0,25 vez a distância H entre o plano da luminária e a altura do olho do observador e os pontos médios das luminárias mais próximas das paredes, definidos como a metade mais distante da parede tanto como os pontos médios da luminária uns com os outros.

Ao selecionar equipamentos de iluminação adequados, recomenda-se tomar cuidado a fim de garantir que sejam comparadas apenas as tabelas com a mesma relação espaçamento/altura e a mesmo fluxo luminoso da lâmpada.

A Tabela C.2 apresenta um exemplo de “tabela dos valores de ofuscamento corrigidos padronizados” .

Tabela C.2 – Tabela de classificação de ofuscamento corrigido padronizado (UGR)

Espaçamento de luminárias/altura de montagem acima dos olhos do observador $a/h = 0,25$											
Refletâncias											
Teto	0,70	0,70	0,50	0,50	0,30	0,70	0,70	0,50	0,50	0,30	
Paredes	0,50	0,30	0,50	0,30	0,30	0,50	0,30	0,50	0,30	0,30	
Piso	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
Dimensões		Classificação de ofuscamento corrigida – Fluxo luminoso 5 200									
X	Y	Através da linha de visão					Ao longo da linha de visão				
2H	2H	16.4	18.0	16.8	18.3	18.6	17.4	19.0	17.7	19.2	19.5
	3H	16.3	17.7	16.6	18.0	18.3	17.2	18.6	17.6	19.0	19.3
	4H	16.2	17.5	16.6	17.9	18.2	17.2	18.5	17.5	18.8	19.2
	6H	16.2	17.4	16.6	17.7	18.1	17.1	18.3	17.5	18.7	19.0
	8H	16.2	17.3	16.6	17.6	18.0	17.1	18.2	17.5	18.6	18.9
	12H	16.1	17.2	16.5	17.5	17.9	17.1	18.1	17.5	18.5	18.9
4H	2H	16,4	17,7	16,8	18,1	18,4	17,3	18,6	17,6	18,9	19,2
	3H	16,3	17,4	16,7	17,7	18,1	17,1	18,2	17,5	18,6	19,0

Tabela C.2 (continuação)

	4H	16,2	17,2	16,7	17,6	18,0	17,1	18,0	17,5	18,4	18,8
	6H	16,1	17,0	16,6	17,4	17,8	17,0	17,8	17,4	18,2	18,6
	8H	16,1	16,8	16,5	17,3	17,7	16,9	17,7	17,4	18,1	18,6
	12H	16,1	16,7	16,5	17,2	17,6	16,9	17,5	17,4	18,0	18,5
8H	4H	16,1	16,8	16,5	17,3	17,7	16,9	17,7	17,4	18,1	18,6
	6H	16,0	16,6	16,5	17,1	17,6	16,9	17,4	17,3	17,9	18,4
	8H	16,0	16,5	16,5	17,0	17,5	16,8	17,3	17,3	17,8	18,3
	12H	15,9	16,3	16,4	16,8	17,4	16,7	17,2	17,2	17,7	18,2
12H	4H	16,1	16,7	16,5	17,2	17,6	16,9	17,5	17,4	18,0	18,5
	6H	16,0	16,5	16,5	17,0	17,5	16,8	17,3	17,3	17,8	18,3
	8H	15,9	16,3	16,4	16,8	17,4	16,7	17,2	17,2	17,7	18,2

C.1.4 Avaliação na sala de referência

Se nem todas as tabelas UGR estiverem disponíveis ou se as dimensões ou refletâncias são desconhecidas na fase de projeto, o ofuscamento pode ser classificado utilizando-se o valor UGR da sala de referência.

A sala de referência é uma sala de tamanho médio medindo 4H/8H com o teto, paredes e piso com refletâncias de 0,7, 0,5 e 0,2, respectivamente. A comparação dos resultados de diferentes sistemas de iluminação é geralmente mantida desde que os valores UGR comparados fossem computados para um mesmo espaçamento do ponto médio da luminária e para um mesmo fluxo luminoso da lâmpada. Em todo o caso, recomenda-se que a classificação do ofuscamento se baseie nos valores de instalação dos sistemas iluminação e nos valores nominais das lâmpadas utilizadas.

Independentemente do método utilizado, recomenda-se que os valores UGR assim estabelecidos não excedam os limites UGR para interiores, serviços e atividades previstas nas tabelas contidas na seção 5.

C.2 Blindagem

Como as fontes excessivamente brilhantes no campo de visão podem causar ofuscamento, recomenda-se que as lâmpadas também sejam devidamente blindadas. Para as luminárias que são abertas por baixo ou são equipadas com um tampa clara, o ângulo de blindagem é definido como o ângulo entre a horizontal e a linha da de visão abaixo da qual as partes luminosas da lâmpada na luminária são visíveis. Ver Figura C.1.

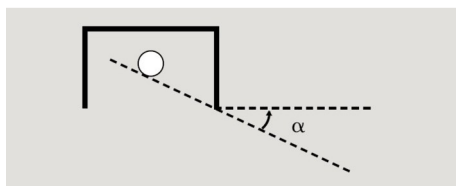


Figura C.1 – Ângulo de blindagem α

A Tabela C.3 mostra os ângulos de blindagem mínimos para luminâncias de uma lâmpada específica.

Tabela C.3 – Ângulos mínimos de blindagem

Luminância da lâmpada em cd/m^2	Ângulo mínimo de blindagem
20 000 até < 50 000 Por exemplo lâmpadas fluorescentes (alta potência) e lâmpadas fluorescentes compactas	15°
50 000 até < 500 000 Por exemplo lâmpadas de descarga de alta pressão e lâmpadas incandescentes com bulbo revestido por dentro	20°
$\geq 50 000$ Por exemplo lâmpadas de descarga de alta pressão e lâmpadas incandescentes com bulbos transparentes	30°

Os ângulos mínimos de blindagem para as luminâncias das lâmpada apresentadas precisam ser observados para todos os planos de emissão. Elas não se aplicam para luminárias com apenas uma abertura de saída lateral superior de luz ou de luminárias montadas abaixo do nível dos olhos

C.3 Limites de luminância a fim de evitar o ofuscamento refletido

Assim como foi definido o valor do ofuscamento direto devido às superfícies excessivamente brilhantes, é necessário dar atenção especial a fim de evitar o ofuscamento refletido, que é o ofuscamento causado pela reflexão da luz de superfícies brilhantes. As reflexões de partes luminosas excessivamente brilhantes podem interferir seriamente no trabalho na tela ou mesmo no teclado. Portanto, recomenda-se tomar cuidado providenciando luminárias adequadas de tal forma que nenhuma reflexão perturbadora seja criada.

Os limites da luminância são especificados para luminárias que podem refletir ao longo da linha normal de visão de uma tela inclinada até 15°. Como regra geral, 1 000 cd/m^2 precisa ser observado para a tela de LCD positiva e os monitores CRT com um bom acabamento anti-reflexivo ou anti-ofuscamento e 200 cd/m^2 para tela de monitores CRT negativos tais como aqueles utilizados para estações de trabalho CAD.

Recomenda-se que as luminâncias especificadas não sejam excedidas em ângulos de elevação $\geq 65^\circ$ a partir de uma vertical descendente em qualquer plano de radiação. Ver Figura C.2.

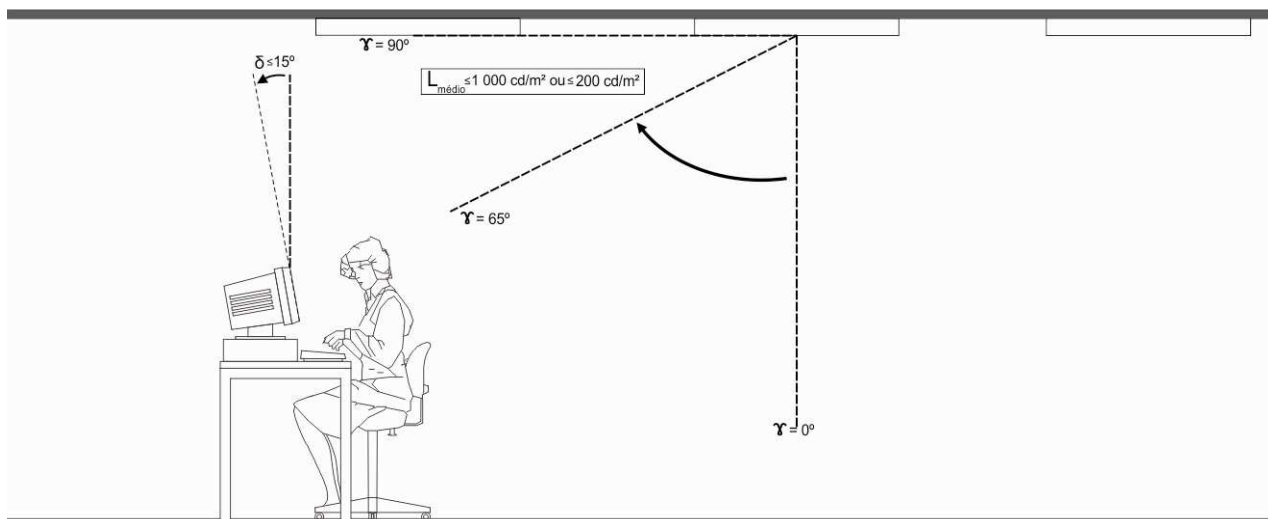


Figura C.2 – Zona crítica de radiação ($\gamma \geq 65^\circ$) para luminância de luminária que pode provocar brilho refletido em uma tela.

Anexo D

(informativo)

Manutenção do sistema de iluminação

D.1 Introdução

Este Anexo informativo traz orientações para determinação dos fatores de manutenção para projeto do sistema de iluminação.

Com o aumento do tempo do serviço, o fluxo luminoso entregue por um sistema de iluminação diminui com o envelhecimento das lâmpadas e das luminárias e o acúmulo de pó. A queda antecipada do fluxo luminoso depende da escolha das lâmpadas, luminárias e dispositivos de operação como também nas condições de operação e do ambiente com os quais elas estão expostas.

A fim de garantir que um nível específico de iluminação – expresso pela iluminância mantida – seja alcançado por um período de tempo razoável, um fator de manutenção adequado precisa ser aplicado pelo projetista de iluminação a fim de que seja levado em consideração esta diminuição no sistema de fluxo luminoso.

O fator de manutenção é a relação entre a iluminância mantida e o nível de iluminância quando o sistema de iluminação for novo. O fator de manutenção é ilustrado na Figura D.1.

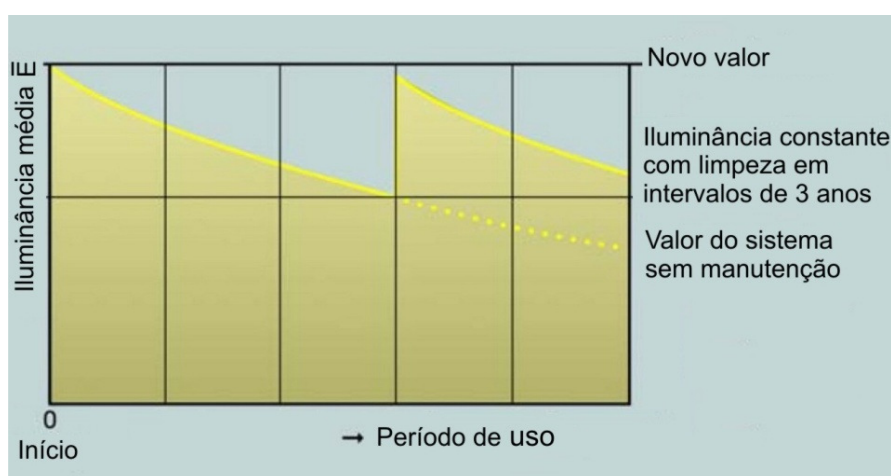


Figura D.1 – Iluminância durante o período de uso de um sistema de iluminação

D.2 Documentação do fator de manutenção

Recomenda-se que o projetista prepare um cronograma de manutenção para o sistema de iluminação. Convém que o cronograma especifique a frequência de substituição da lâmpada, da luminária e os intervalos de limpeza da sala e, onde apropriado, as técnicas de limpeza utilizadas.

O fator de manutenção apresentado na Tabela D.1 é 0,73 sob as seguintes condições:

- as lâmpadas são substituídas em grupos a cada 12 000 h de funcionamento
- as luminárias são limpas a cada ano
- as superfícies da sala são limpas a cada dois anos.

Tabela D.1 – Exemplo de documentação do fator de manutenção

Projeto:			
Sala:			
Processado por:			
Data:			
Luminária			
Descrição:		Luminária xyz	
Número do artigo:		42157193	
Tipo de luminária:		IP2X	
Intervalo de limpeza em anos:		1,0	
Fator de manutenção da luminária FML:			0,88
Lâmpada			
Descrição:		T5 Alta potencia	
Potencia nominal:		54 W	
Substituição da lâmpada:		Grupo	
Reator :		Eletrônico	
Manutenção da lâmpada em anos:		2.0	
Horas de funcionamento por lâmpada/ano:		6 000	
Fator de manutenção do fluxo luminoso FMFL:			0,91
Fator de sobrevivência da lâmpada FSL:			0,95
Sala			
Comprimento:		8 m	
Profundidade:		6 m	
Altura:		3 m	
Ambiente:		Limpo	

Tabela D.1 (continuação)

Intervalo de limpeza da sala em anos:	2,0	
Tipo de iluminação:	Direta	
Fator de manutenção das superfícies da sala FMSS:		0,96
Fator de manutenção		0,73

D.3 Determinação do fator de manutenção

O fator de manutenção (MF) é um múltiplo de fatores e é determinado como a seguir:

$$MF = FMFL \times FSL \times FML \times FMSS$$

onde

FMFL considera a depreciação do fluxo luminoso da lâmpada,

FSL considera o efeito de falha por envelhecimento da lâmpada,

FML considera os efeitos de redução do fluxo luminoso devido ao acúmulo de sujeira nas luminárias

FMSS considera a redução da refletância devido à deposição de sujeira nas superfícies da sala

Os valores dos fatores de manutenção individuais podem ser obtidos através dos fabricantes ou ser encontrados em curvas de valores médios padrão em publicações de iluminação como a CIE 97.

D.3.1 Fator de manutenção do fluxo luminoso (FMFL)

Conforme o tempo de serviço aumenta, o fluxo luminoso emitido de praticamente qualquer lâmpada diminui devido ao resultado do envelhecimento. O quanto este decréscimo é de forma gradual e acentuada, depende do tipo e da potência da lâmpada em questão e, onde aplicável, do dispositivo de operação utilizado. A relação do fluxo luminoso após um determinado número de horas de operação do fluxo luminoso quando a lâmpada era nova é indicada pelo fator de manutenção do fluxo luminoso (FMFL).

Os valores FMFL podem ser obtidos dos fabricantes ou encontrados em curvas de valores médios padronizados e em publicações sobre iluminação como a publicação CIE 97.

D.3.2 Fator de sobrevivência da lâmpada (FSL)

Cada lâmpada em um sistema de iluminação possui uma vida única, que é maior ou menor do que a vida mediana. A vida mediana é o número de horas onde um grupo de lâmpadas sob observação funciona antes que a metade das lâmpadas falhem. A probabilidade que uma referida série ainda funcionará após um determinado número de horas de operação é expressa pelo fator de sobrevivência da lâmpada (FSL).

Tal como acontece com o fator de manutenção do fluxo luminoso, a magnitude e o tempo do fator de sobrevivência da lâmpada dependem do tipo e da potência da lâmpada em questão. No caso das lâmpadas de descarga, o FSL também depende do dispositivo de operação utilizado e a frequência de operação do sistema.

No caso de lâmpadas fluorescentes, a vida mediana é normalmente calculada com base em um ciclo de chaveamento de 2 3/4 h ligado e 1/4 h desligado. Com as lâmpadas de descarga, o ciclo é de 11 h ligado e 1 h desligado. Os valores FSL são obtidos a partir das mesmas fontes dos valores FMFL.

Em muitos casos, pode-se supor que fator de manutenção de sobrevivência da lâmpada (FSL) seja igual a 1, porque a falha individual das lâmpadas conduz a uma queda inaceitável do nível iluminação, e por esta razão a substituição individual da lâmpada é necessária.

D.3.3 Fator de manutenção da luminária (FML)

De um modo geral, a sujeira depositada sobre as lâmpadas e as luminárias provoca uma redução maior no fluxo luminoso do que qualquer outro fator. O grau de perda de luminosidade depende do tamanho e natureza das partículas do ar poluente, do projeto das luminárias e das lâmpadas utilizadas nelas.

A publicação CIE 97 propõe um padrão de seis tipos de luminárias comuns. Dependendo do tipo da luminária e do acúmulo de poeira/sujeira, os fatores de manutenção da luminária (FML) podem ser determinados como uma função do tempo em que as luminárias passaram pelo sistema de iluminação desde a última operação de limpeza.

D.3.4 Fator de manutenção das superfícies de sala (FMSS)

Os depósitos de poeiras no teto, nas paredes, no piso e no mobiliário geralmente causam uma redução da iluminação indireta devido à inter-reflexão. O fator de manutenção das superfícies da sala leva em consideração o impacto dessas condições ambientais.

O fator de manutenção das superfícies da sala (FMSS) pode ser definido como a relação entre a utilância¹ em um dado momento com a utilância quando a última limpeza das superfícies da sala foi realizada.

Como a utilância, o fator de manutenção da sala depende basicamente do tamanho da sala, da refletância das superfícies e da distribuição do fluxo luminoso do sistema de iluminação. Além disso, o fator de manutenção da sala depende do tipo e quantidade de sujeira no ar, a qual tem uma relação direta na redução da refletância da superfície da sala. Para simples suposições, os valores padrões FMSS podem ser encontrados na publicação CIE 97.

D.4 Fatores de manutenção de referência

Exemplos de fatores de manutenção são apresentados nas Tabelas D.2 a Tabelas D.4. É considerado para tanto que as lâmpadas são substituídas individualmente assim que falham e são substituídas em grupo quando a iluminância cai para o nível da iluminância mantida.

¹ Relação entre o fluxo luminoso útil e o emitido pelas luminárias.

Tabela D.2 – Exemplos de fatores de manutenção para sistemas de iluminação de interiores com lâmpadas fluorescentes

Fator de manutenção	Exemplo
0,80	Ambiente muito limpo, ciclo de manutenção de 1 ano, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8 000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,93; FSL = 1,00; FML = 0,90; FMSS = 0,96
0,67	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de 3 anos, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12 000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,91; FSL = 1,00; FML = 0,80; FMSS = 0,90
0,57	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de 3 anos, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12 000 h, substituição individual, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira, FMFL = 0,91; FSL = 1,00; FML = 0,74; FMSS = 0,83
0,50	Ambiente sujo, ciclo de manutenção de 3 anos, 8 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8 000 h, LLB, substituição em grupo, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira, FMFL = 0,93; FSL = 0,93; FML = 0,65; FMSS = 0,94

Tabela D.3 – Exemplos de fatores de manutenção para sistemas de iluminação de interiores com lâmpadas fluorescentes compactas

Fator de manutenção	Exemplo
0,80	Ambiente muito limpo, ciclo de manutenção de 1 ano, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 4 000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, reator eletrônico, FMFL = 0,92; FSL = 1,00; FML = 0,90; FMSS = 0,96
0,67	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de 3 anos, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 6000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, reator eletrônico, FMFL = 0,91; FSL = 1,00; FML = 0,80; FMSS = 0,90
0,57	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de 3 anos, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 6000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma tendência normal de coleta de poeira, reator eletrônico, FMFL = 0,91; FSL = 1,00; FML = 0,74; FMSS = 0,83
0,50	Ambiente sujo, ciclo de manutenção de 3 anos, 6 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 6 000 h, reator eletromagnético, substituição em grupo, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira, FMFL = 0,88; FSL = 0,95; FML = 0,65; FMSS = 0,94

Tabela D.4 – Exemplos de fatores de manutenção para sistemas de iluminação de interiores como lâmpadas de vapor metálico

Fator de manutenção	Exemplo
0,80	Ambiente muito limpo, ciclo de manutenção de 1 ano, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 2 000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,87; FSL = 1,00; FML = 0,94; FMSS = 0,97
0,67	Ambiente muito limpo, ciclo de manutenção de 2 anos, 2000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 4 000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,81; FSL = 1,00; FML = 0,90; FMSS = 0,96
0,57	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de 3 anos, 2000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 4000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,81; FSL = 1,00; FML = 0,82; FMSS = 0,83
0,50	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de 2 anos, 2000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 4000 h, substituição individual, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira, FMFL = 0,81; FSL = 1,00; FML = 0,74; FMSS = 0,83



Bibliografia

CIE 117 Technical Report. Discomfort Glare in Interior Lighting. 1995

DIN 5035-1 Artificial Lighting; Terminology And General Requirements. 1990

DIN EN 1838 Lighting applications - Emergency lighting; German version. 1999

LiTG Publication 20. Das UGR-Verfahren (The UGR Method). Berlin 2003

ZVEI Guide to DIN EN 12464-1 – Lighting of work places Part 1: Indoor work places. 2005

O conteúdo deste Guia Orientativo foi baseado na publicação *ZVEI Guide to DIN EN 12464-1 – Lighting of work places Part 1: Indoor work places. 2005* disponível em www.licht.de.

As imagens foram cedidas por www.licht.de